



**Unioeste - Universidade Estadual do Oeste do Paraná**  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
Colegiado de Ciência da Computação  
*Curso de Bacharelado em Ciência da Computação*

**Adaptabilidade do xLupa ao Perfil do Usuário por meio de Raciocínio Baseado em  
Caso**

*Odair Moreira de Souza*

**CASCADEL  
2011**

**ODAIR MOREIRA DE SOUZA**

**ADAPTABILIDADE DO XLUPA AO PERFIL DO USUÁRIO POR MEIO  
DE RACIOCÍNIO BASEADO EM CASO**

Monografia apresentada como requisito parcial  
para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da  
Computação, do Centro de Ciências Exatas e Tec-  
nológicas da Universidade Estadual do Oeste do  
Paraná - Campus de Cascavel

Orientador: Prof. Dr. Jorge Bidarra

CASCADEL  
2011

**ODAIR MOREIRA DE SOUZA**

**ADAPTABILIDADE DO XLUPA AO PERFIL DO USUÁRIO POR MEIO  
DE RACIOCÍNIO BASEADO EM CASO**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em  
Ciência da Computação, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel,  
aprovada pela Comissão formada pelos professores:

---

Prof. Dr. Jorge Bidarra (Orientador)  
Colegiado de Ciência da Computação,  
UNIOESTE

---

Profa. Dra. Claudia Brandarelo Rizzi  
Colegiado de Ciência da Computação,  
UNIOESTE

---

Prof. Dr. Clodis Boscaroli  
Colegiado de Ciência da Computação,  
UNIOESTE

Cascavel, 03 de novembro de 2011

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus familiares, amigos e professores e a todas as pessoas que participaram direta e indiretamente da minha formação, que possibilitaram em vários aspectos esta conquista*

*“Só é elogiado ou criticado quem faz algo.”*

*José Carlos Santini*

*“Aprender e ensinar fazem parte da existência humana, histórica e social, como dela fazem parte a criação, a invenção, a linguagem, o amor, o ódio, o espanto, o medo, o desejo, a atração pelo risco, a fé, a dúvida, a curiosidade, a arte, a magia, a ciência, a tecnologia.”*

*Paulo Freire*

*“Tudo o que um sonho precisa para ser realizado é alguém que acredite que ele possa ser realizado.”*

*Roberto Shinyashiki*

*“Procure ser um homem de valor, em vez de ser um homem de sucesso...O único lugar onde sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.”*

*Albert Einstein*

*“Para conhecermos os amigos é necessário passar pelo sucesso e pela desgraça. No sucesso, verificamos a quantidade e, na desgraça, a qualidade.”*

*Confúcio*

## AGRADECIMENTOS

Chegou o momento de expressar meus agradecimentos a muitos e tantos adorados familiares, amigos, companheiros e professores.

Primeiramente quero agradecer a Deus pela oportunidade concedida em adquirir novos conhecimentos, por ter proporcionado saúde para viver tudo que vivi, por ter iluminado o meu caminho, me dado forças, paciência, compreensão e por estar sempre ao meu lado, me auxiliando a superar os obstáculos e dificuldades encontrados na vida.

Impossível deixar de agradecer aos meus pais Oladir de Souza e Alzira Moreira, por me apresentarem ao mundo e por cuidarem de mim no início da minha vida com muita dedicação, amor e carinho fazendo o melhor por mim.

Com muito amor, sou eternamente grato a minha avó por estar sempre ao meu lado, orientando-me e apoiando-me em qualquer que seja o momento. Ao amor que a mim dedicou, agradeço aos seus sermões, aos conselhos, as explicações de como é a vida, de mostrar os possíveis caminhos na vida, sempre lutando por nós, e o principal, de ter me acolhido com a partida dos meus pais sempre me amparando e fazendo ambos os papéis, não possuo palavras para agradecer por tudo que me fez, te amo Sra. Izaura Martins Moreira.

Um agradecimento muito especial a minha namorada, amiga, companheira, Jaqueline Karvat, pela compreensão, alegria, atenção, amor, carinho, encorajamento e apoio de todos os momentos. Sem você eu não sei se teria conseguido.

Ao meu Irmão Tiago Moreira de Souza, é com enorme satisfação que agradeço por todo companheirismo, por todas as etapas difícil e as felizes que passamos juntos, também a toda a sua família, a minha encantadora afiliada Allynne.

Ao meu tio Arno Haverroth por me mostrar o que é ser um homem de caráter, mostrando quais são as responsabilidades, e à tia e às primas Aline e Carol.

Um imenso agradecimento aos meus amigos da turma, do NIT, do CACCo, do Infootball, do Grupo de Pesquisa em Inteligência Aplicada e aos colegas de iniciação científica, em especial ao amigo Diego Rodrigo Hachmann pelo companheirismo, e a esse grande amigo Allysson

Chagas Carapeços, pela amizade e por todo incentivo, motivação e companheirismo.

Agradeço ao Prof. Dr. Jorge Bidarra, amigo, professor e orientador, pelo apoio e paciência durante elaboração deste trabalho. Agradeço pela confiança, pelo entendimento dos meus limites e a cada incentivo, pelas várias recomendaes e conselhos, pela orientação deste trabalho e pelos três anos de IC, onde nunca mediu esforços diante dos desafios e das dificuldades.

A todos os professores, e ao Prof. Dr. Clodis Boscaroli e Profa. Dra. Claudia Brandarelo Rizzi, por aceitar em participar desta banca, incentivando e contribuindo em grande parte no desen- volvimento desse trabalho.

A todos muitíssimo obrigado.

# Lista de Figuras

1.1	Gráfico demonstrativo da distribuição de pessoas com deficiência. . . . .	2
2.1	Amplificador de tela Orca com fator de ampliação igual a dois e com a mira ativada.	16
2.2	Tela de execução do Gnopernicus. . . . .	18
2.3	Execução do xLupa na internet. . . . .	19
2.4	Leitor de tela Dosvox. . . . .	21
3.1	Esquema da distribuição das categorias de IA. . . . .	26
3.2	Modelo Básico do RBC. . . . .	29
3.3	Exemplo de um Caso Simplificado do Sistema de Conserto de Impressora. . . .	31
3.4	Ciclo de RBC proposto por Aamondt e Piazza. . . . .	33
4.1	Demonstração da Alteração do Brilho no xLupa. . . . .	42
4.2	Demonstração da Ampliação e Mouse Cruz Ativado. . . . .	43
4.3	Interação do xLupa com seus dois módulos: Leitor e Adaptador. . . . .	43
4.4	Tela de captura do fator de ampliação. . . . .	45
4.5	Tela de captura da cor de fundo. . . . .	45
4.6	Formulação Problema-Solução. . . . .	47
4.7	Modelo Entidade-Relacionamento do xLupa. . . . .	57
4.8	Ciclo de processo do RBC no xLupa. . . . .	58
5.1	Esquema de infraestrutura de TI. . . . .	60



# Lista de Tabelas

2.1	Níveis de deficiência auditiva . . . . .	11
4.1	Tabela dos valores padrões dos atributos do sistema. . . . .	44
4.2	Representação de um caso. . . . .	46
4.3	Tabela das variáveis e valores do RBC - Vocabulário. . . . .	48
4.4	Similaridade local do atributo fator de ampliação . . . . .	50
4.5	Similaridade local do atributo cor . . . . .	50
4.6	Similaridade local dos atributos (brilho, contraste, limiar e velocidade da voz) . . . . .	50
4.7	Representação dos Pesos de cada atributo. . . . .	51
4.8	Codificação das Cores . . . . .	51
4.9	Casos Recuperados e Novo Caso . . . . .	52

# Lista de Abreviaturas e Siglas

TI	Tecnologia da Informação
ONU	Organização das Nações Unidas
GIA	Grupo de Pesquisa em Inteligência Aplicada
UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná
IA	Inteligência Artificial
RBC	Raciocínio Baseado em Caso
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
TA	Tecnologia Assistivas
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
EI	Entidades de Informação
SE	Sistemas Especialistas
SGBD	Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
LIBRAS	Língua Brasileira de Sinais
OMS	Organização Mundial da Saúde
IAS	Inteligência Artificial Simbólica
IAC	Inteligência Artificial Conexionista
IAE	Inteligência Artificial Evolucionária
IAH	Inteligência Artificial Híbrida
IAM	Inteligência Artificial Monolítica
IAD	Inteligência Artificial Distribuída
RNAs	Redes Neurais Artificiais
BC	Base de Conhecimento
JAWS	<i>Job Access With Speech</i>
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro

# Sumário

<b>Lista de Figuras</b>	<b>viii</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de Abreviaturas e Siglas</b>	<b>x</b>
<b>Lista de Símbolos</b>	<b>xi</b>
<b>Sumário</b>	<b>xi</b>
<b>Resumo</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Acessibilidade Computacional . . . . .	2
1.2 Motivações . . . . .	4
1.3 Objetivos . . . . .	5
1.4 Organização do Documento . . . . .	5
<b>2 As TAs como Auxílio às Pessoas Deficientes</b>	<b>7</b>
2.1 Conceitos de TAs . . . . .	7
2.2 Classificação das deficiências e as ajudas técnicas . . . . .	9
2.2.1 Deficiência Mental . . . . .	9
2.2.2 Deficiência Física . . . . .	10
2.2.3 Deficiência Auditiva . . . . .	11
2.2.4 Deficiência Múltipla . . . . .	12
2.3 Deficiência Visual . . . . .	13
2.3.1 Ampliadores e Leitores de Telas . . . . .	14
2.3.2 Ferramentas com Múltiplas Funcionalidades . . . . .	20
<b>3 A Técnica de Raciocínio Baseado em Casos</b>	<b>23</b>
3.1 As Categorias da IA . . . . .	25

3.2	Fundamentos do Raciocínio Baseado em Casos . . . . .	27
3.2.1	Componentes do RBC . . . . .	29
3.2.2	Representação do conhecimento no RBC . . . . .	30
3.2.3	Funcionamento Básico do RBC . . . . .	32
3.2.4	Tipos de Recuperação de Casos . . . . .	33
3.2.5	Reutilização de Casos . . . . .	36
3.2.6	Revisão de Casos . . . . .	37
3.2.7	Retenção de Casos . . . . .	37
3.2.8	Adaptação . . . . .	38
3.2.9	Aprendizagem . . . . .	39
<b>4</b>	<b>Desenvolvimento do Módulo de Adaptação</b>	<b>41</b>
4.1	xLupa: Visão Geral do Sistema . . . . .	41
4.2	xLupa : Escolha dos parâmetros iniciais . . . . .	44
4.3	Funcionamento do Módulo Adaptador . . . . .	44
4.3.1	Representação do Conhecimento . . . . .	45
4.3.2	Recuperação dos Casos Candidatos a Solução . . . . .	48
4.3.3	A Adaptação dos Casos e Reutilização . . . . .	53
4.3.4	Aprendizagem - Modelagem e Descrição do Banco de Dados . . . . .	55
4.4	Ciclo de Processo do Adaptador no xLupa . . . . .	56
<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>59</b>
5.1	Considerações Finais . . . . .	59
5.2	Perspectivas . . . . .	60
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>61</b>

# Resumo

Atualmente, o desenvolvimento de softwares complexos que são classificados como tecnologias assistivas, apresenta-se como um grande desafio na área de Engenharia de Software com destaque para o requisito de adaptabilidade das ferramentas, já que normalmente esse requisito não é visto com a importância, que realmente possui. As tecnologias assistivas têm sido um dos diferentes meios usados na tentativa de propiciar uma melhoria na qualidade de vida das pessoas com necessidades especiais. Os ampliadores de telas, por exemplo, vêm permitindo que pessoas com baixa visão não só façam uso dos computadores, como também criam melhores condições para que esses indivíduos tenham acesso ao conhecimento. O xLupa é um projeto de pesquisa que tem por objetivos estudar, especificar e implementar um ampliador e leitor de tela com recursos de adaptabilidade computacional, voltado, mas não restrito, para alunos de escolas da rede pública com baixa visão. Com início em 2004, o projeto conta com a participação de pesquisadores, educadores, técnicos especializados e alunos, membros do Grupo de pesquisa em Inteligência Aplicada da UNIOESTE (GIA-UNIOESTE). Nesse trabalho, serão apresentados aspectos importantes relacionados ao desenvolvimento do xLupa, bem como os resultados obtidos com o desenvolvimento do módulo de adaptabilidade. Ao longo do texto, serão consideradas algumas questões relevantes que incluem aspectos tanto de natureza computacional, quanto pedagógica e oftalmológica. Em particular, são abordados tópicos inerentes da área de Inteligência Artificial (IA), com enfoque na técnica de Raciocínio Baseado em Casos (RBC) para promover a solução do requisito de adaptabilidade.

**Palavras-chave:** Tecnologia Assistiva, Inteligência Artificial, Raciocínio Baseado em Casos e Adaptabilidade.

# Capítulo 1

## Introdução

A utilização de computadores por pessoas com necessidades especiais tem possibilitado a esses usuários o acesso a um conjunto de informações, permitindo-lhes a ampliação de suas relações profissionais, de amizade e de convívio social [1]. Mas nem sempre os recursos computacionais disponibilizados para essas pessoas atendem adequadamente suas necessidades, exigindo dos pesquisadores soluções mais eficientes e condizentes com a realidade desses indivíduos.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), estima-se que no mundo exista cerca de 600 milhões de pessoas com deficiência, dos quais cerca de 400 milhões estão em países em desenvolvimento. Só na América, há aproximadamente 60 milhões de pessoas com deficiência [2]. No Brasil, os dados do Censo de 2000<sup>1</sup>, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), indicaram um percentual de 14,5% da população total, o que equivale a 24,6 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência. A Figura 1.1 mostra que desse total, 16,7% são pessoas com deficiência auditiva, 48,0% são pessoas com deficiência visual, 22,9% são pessoas com deficiência motora, 4,1% são pessoas com deficiência física e 8,3% são pessoas com deficiência mental [3].

Com dados tão significativos, é imperativo que a sociedade pense num caminho adequado que permita diminuir as barreiras a que essas pessoas comumente estão expostas, no que refere-se a inclusão digital, são vários os conceitos ligados e que abrangem o contexto de acessibilidade. O acesso às Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), através das Tecnologias Assistivas (TA), é um fator importante a ser considerado, ainda que não exclusivo, para viabilizar a acessibilidade, a inclusão social, digital e educacional de pessoas com necessidades

---

<sup>1</sup>Utilizou-se tais dados para essa pesquisa porque apesar do IBGE já ter realizado o Censo em 2010, essas informações ainda não foram divulgadas.



Figura 1.1: Gráfico demonstrativo da distribuição de pessoas com deficiência.

especiais.

## 1.1 Acessibilidade Computacional

A acessibilidade, de um modo geral, pode ser definida como a possibilidade de qualquer pessoa, independentemente de suas capacidades físicas, motoras, perceptivas, culturais e sociais usufruírem os benefícios de uma vida em sociedade, ou seja, é a possibilidade de participar de todas as atividades, até as que incluem o uso de produtos, serviços e informação, com o mínimo de restrição possível [4, 5]. É um processo que visa viabilizar a igualdade de oportunidades, cujo objetivo é contribuir para que, na medida do possível, nenhum impedimento possa ser imposto aos indivíduos, diante de suas limitações sensoriais e/ou funcionais [6].

As pessoas com necessidades especiais não enfrentam somente problemas de acessibilidade relacionados com barreiras arquitetônicas, um dos maiores obstáculos está no acesso à informação. Sendo assim, a utilização de computadores e o acesso ao espaço digital<sup>2</sup> permite a estes cidadãos acessar um conjunto imenso de fontes de formação e informação e, conseqüentemente, aos aspectos importantes como, estabelecer contatos com o mundo que os cerca, trocar informações, exercer atividades laborais, encontrar formas alternativas de lazer e de divertimento, aumentar as suas relações de amizade, construindo uma vida mais significativa [8].

<sup>2</sup>O espaço digital é um novo ambiente humano e tecnológico de expressão, informação e transações econômicas. Consiste em pessoas de todos os países, de todas as culturas e linguagens, de todas as idades e profissões fornecendo e requisitando informações através de uma rede mundial de computadores [7].

O conceito de acessibilidade surgiu ligado a questões físicas relativas a facilidades de acesso, relacionado com as barreiras arquitetônicas e à reabilitação física e profissional, e foi transferido para a informática na questão de acesso à informação por meio digital. Assim, entre as décadas de 40 e 60, o termo tem uma aplicação direta com questões físicas e funcionais. Mas é a partir da década de 80, impulsionado pelo Ano Internacional das Pessoas Deficientes (1981), que a questão da acessibilidade e eliminação de barreiras arquitetônicas e eletrônicas ganha destaque internacional e transforma-se em metas para todos os países desenvolvidos e em vias de desenvolvimento [9].

Devido a fatores culturais, afetivos, entre outros, que variam de indivíduo para indivíduo, são necessárias abordagens técnico-pedagógicas diferenciadas e personalizadas para suprir essa diversidade, ou seja, os indivíduos que utilizam as TAs possuem diferentes tipos e níveis de Necessidades Educacionais Especiais (NEE) [10].

Sendo assim, a acessibilidade computacional é, indiscutivelmente, de extrema importância para o processo de inclusão social destes indivíduos. Porém, em sistemas operacionais modernos como Mac OS<sup>®</sup>, Windows<sup>®</sup> e GNU/Linux, em especial os voltados para o usuário doméstico, são projetados exclusivamente para uma interação gráfica com o usuário. Entretanto, pessoas com deficiência necessitam de meios alternativos de interação humano-computador. Enquanto não há uma solução definitiva, as soluções tradicionalmente usadas buscam acoplar e adaptar ao software, ferramentas (geralmente chamadas de plataformas de acessibilidade) que possibilitem a extração de informações de sua interface gráfica [11].

As TAs são soluções tecnológicas que, aplicadas em diferentes espaços e situações, tornam possível aos deficientes o acesso a lugares ou às informações que, de outra maneira, não seriam viáveis. As TAs mediadas por computadores, apresentam para esses indivíduos uma forma alternativa de acesso ao conhecimento, seja nos ambientes de trabalho ou com objetivos educacionais. Embora as soluções possíveis para o atendimento a esses indivíduos não se restrinjam à implementação de tecnologias, o desenvolvimento na área de TAs tem se mostrado essencial como facilitador para o processo de inclusão digital de pessoas com NEE [12].

Descobrir meios que propiciem o acesso de todos, indistintamente, à informação e ao conhecimento, tem sido uma das principais preocupações de governos, sociedade e pesquisadores. A partir do desenvolvimento de métodos, modelos e técnicas, cada vez mais inovadoras e pro-



piciadoras de novas soluções, esses indivíduos têm conseguido quebrar as barreiras a que são expostas na vida diária.

## 1.2 Motivações

Os autores Enfield e Harris [13], apresentam quatro modelos de conceituação para o atendimento das pessoas com deficiência, sendo eles: modelo caritativo, modelo médico, modelo social e modelo baseado em direitos.

O modelo caritativo entende a deficiência como um déficit, a pessoa com deficiência é percebida como vítima da sua incapacidade, logo, precisa de ajuda, simpatia e caridade.

O modelo médico (ou Individual) encara os deficientes como pessoas que têm problemas que precisam ser curados, atribuindo a eles o papel passivo de pacientes. A incapacidade atribuída aos deficientes os imputa a exclusiva responsabilidade de ultrapassar seus limites físicos, sensoriais ou intelectuais; o meio social seria isento de qualquer tipo de responsabilidade.

O terceiro modelo é o modelo social, no qual a deficiência é percebida como resultado do modo como a sociedade está organizada, ou seja, a deficiência não depende apenas do indivíduo, mas também das condições que o meio social lhe oferece, que pode ser limitador ou capacitador de várias maneiras.

Por último, há o modelo baseado em direitos, que é semelhante ao modelo social, porém a assistência aqui não é entendida como uma questão de humanidade ou caridade, mas sim como o cumprimento de um direito humano básico que todos podem reivindicar.

Em vários países as políticas públicas para pessoas com deficiência superaram a visão do modelo médico de atendimento e dos enfoques assistencialistas, e passaram a adotar os chamados modelo social ou o modelo baseado em direitos. Diversos marcos de declarações de princípios contribuíram para a criação dessa nova sensibilidade mundial.

É nesse contexto que as políticas públicas de inserção de pessoas com deficiência em todos os aspectos da vida, com o auxílio das TAs, tornam-se extremamente relevantes, porque integram diversas áreas do conhecimento, como psicologia, arquitetura, engenharia, fisioterapia, pedagogia e computação [14]. Sendo assim, essas pessoas com alguma necessidade especial tem como direito conquistado a sua inclusão social e a garantia dos direitos como cidadãos.

Os investimentos maciços feitos na área do desenvolvimento das TAs, tanto financeiros

quanto técnicos e científicos, dão mostras da importância que essas ferramentas assumem junto à sociedade em geral e aos portadores de necessidades especiais.

As TAs tem apresentado avanços significativos, porém são muitos os desafios enfrentados por todos aqueles que pretendem desenvolver soluções nessa área. Os estudos focados nos requisitos que assegurem aos usuários a facilidade de uso e que seja, ao mesmo tempo, acessível às suas necessidades mais específicas, ainda precisam ser intensificados.

### **1.3 Objetivos**

O presente trabalho tem como principal objetivo modelar, implementar e integrar um módulo de adaptabilidade dos perfis dos usuários da ferramenta xLupa.

O xLupa, é um ampliador e leitor de tela para pessoas com baixa visão que possibilita a ampliação de textos e imagens na tela do computador, sustentada por outros recursos de acessibilidade, usabilidade e adaptabilidade presentes na ferramenta, proporcionando às pessoas com baixa visão o acesso às informações digitalizadas, bem como a possibilidade de navegar autonomamente pela *internet*.

O módulo de adaptabilidade ora apresentado tem como função registrar os perfis dos usuários e traçar padrões de configuração para cada tipo de usuário, possibilitando que essas configurações sejam feitas de maneira rápida e simples. Através desse processo será possível antecipar uma configuração do xLupa para os usuários iniciantes e realizar o salvamento das informações para que em um outro momento o mesmo usuário faça sua autenticação e o carregamento de suas preferências, evitando a realização do processo exaustivos de configuração.

Apartir do desenvolvimento dessa idéia, pretende-se aplicar a técnica de Raciocínio Baseado em Casos (RBC) no desenvolvimento desse módulo, que é inteligente, pois-se adapta às exigências dos usuários considerando as condições solicitadas, e também, elaborar uma análise dessa aplicação técnica em TAs.

### **1.4 Organização do Documento**

Este trabalho é dividido em 5 capítulos, sendo o primeiro esta introdução, que apresenta os conceitos gerais, motivações e os objetivos deste trabalho.

O Capítulo 2, apresenta os principais conceitos de tecnologia assistiva, e está dividido em três seções: a primeira apresenta os conceitos de TAs; a segunda seção mostra a classificação das deficiência e suas ajudas técnicas e a terceira seção expõe qual o papel das TAs para as pessoas com necessidades especiais e a importância da inclusão dessas pessoas na sociedade.

No Capítulo 3 é feita uma descrição detalhada sobre a fundamentação teórica abordada durante a pesquisa, localizando os termos e técnicas dentro da inteligência artificial. Esse capítulo é dividido em duas seções, uma que se refere à inteligência artificial e a outra que irá descrever os principais conceitos da técnica de RBC. Na seção referente a técnica RBC é apresentado uma introdução ao tema mostrando quais são os componentes do RBC e como é feito a representação do conhecimento. É construído uma explanação sobre o funcionamento de um sistema básico de RBC, explicando como são encontrados os casos similares, como são elaborados os cálculos de similaridade e os pontos positivos e os pontos negativos no uso do RBC. Também é descrito, ao final, como é realizado a recuperação dos casos que estão armazenados na base de conhecimento.

O Capítulo 4 é dedicado à apresentação dos aspectos do desenvolvimento do módulo adaptador. Nesse capítulo tem-se uma visão detalhada de cada atividade realizada dentro do procedimento do algoritmo da técnica RBC. É abordado importantes etapas no processo tais como a representação do conhecimento, a recuperação dos casos, a indexação dos atributos, como é realizado o cálculo de similaridade, a adaptação e reutilização, a retenção dos casos já resolvidos e a aprendizagem.

Por fim o Capítulo 5 traz as conclusões e sugestões de trabalhos futuros desse estudo.

## Capítulo 2

# As TAs como Auxílio às Pessoas Deficientes

Para aprimorar as funcionalidades das pessoas com deficiência, podem ser utilizados equipamentos diversos que permitam ou facilitem o convívio, a fim de auxiliar nas atividades do cotidiano e para buscar mais autonomia em vários aspectos, como por exemplo, na comunicação, na mobilidade e na alimentação. Cabe então, aqui introduzir os conceitos de TAs, o que é deficiência e seus tipos e a apresentação de algumas TAs para cada deficiência.

### 2.1 Conceitos de TAs

As TAs são uma nova denominação para designar uma área do conhecimento, cujos estudos assumem características interdisciplinares e transdisciplinares, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada a atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social [15] [16].

Esse conjunto com as principais ações adotadas para o atendimento das pessoas com necessidades especiais, é um marco importante no campo das soluções propostas para promover a acessibilidade. Para Bersch e Tonolli [14], as TAs são uma gama de equipamentos, serviços, estratégias e práticas concebidas e aplicadas para minorar os problemas encontrados pelos indivíduos com deficiências e surgiram como importantes recursos de inserção profissional e inclusão social, facilitando o acesso à informação, lazer e cultura das pessoas com algum tipo de deficiência mental ou física, e que portanto, necessitam de recursos especiais e adaptáveis as suas limitações.

Segundo Bersch [17], as TAs têm como objetivo referir-se a todos os produtos voltados às

peessoas com alguma deficiência. O mesmo autor cita outras denominações para este termo, tais como: “Ajudas Técnicas”, “Tecnologia de Apoio”, “Tecnologia Adaptativa” e “Adaptações”.

O termo “Tecnologia Assistiva”, foi traduzida do inglês, *Assistive Technology*, é um termo em vigor na legislação brasileira que garante as ajudas técnicas ao cidadão brasileiro com deficiência, cabendo ao professor especializado auxiliar na identificação dos recursos necessários a educação, a fim de que ele possa recorrer ao poder público e obter esse benefício [1]. O Decreto 3.298 de 20 de dezembro de 1999 [18], ao citar os recursos garantidos as pessoas com deficiência, inclui os equipamentos e materiais pedagógicos especiais para educação, capacitação e recreação da pessoa portadora de deficiência.

Esse campo tem se mostrado essencial como facilitador do processo de inclusão das pessoas com necessidades educacionais especiais no ambiente escolar. As dificuldades de participação de uma criança na escola podem incluir problemas de vários aspectos como: impossibilidade de se manter na posição sentada, dificuldades no deslocamento em espaços dentro da própria escola, na comunicação, na alimentação, na higiene e, em especial, dificuldades no aprendizado da leitura, escrita, matemática, ciências, artes, música ou outros temas pertinentes ao espaço educacional [12].

As TICs vêm se tornando, de forma crescente, um importante instrumento de nossa cultura, e sua utilização, um meio concreto de inclusão e interação no mundo [19]. Vinculado a essa ideia, o conceito de Desenho Universal é importante para a discussão sobre o tema TAs, porque traz consigo a concepção de que todas as realidades, ambientes, recursos, dentre outros, na sociedades humana, devem ser concebidos e projetados com vistas à participação, utilização e acesso de todas as pessoas.

Essa concepção, portanto, transcende a ideia de projetos específicos, adaptações e espaços segregados, que respondam apenas a determinadas necessidades. Por exemplo, ao invés de projetarem banheiros adaptados e especiais para pessoas com deficiência, que se projetem banheiros acessíveis a todas as pessoas, com ou sem deficiência. Ou então, quando se projeta um software aplicativo para realizar determinada atividade, que nele estejam previstos recursos que o torne acessível também a pessoas com diferentes limitações motoras ou sensoriais.

Para melhor compreender o tema acessibilidade no ramo da computação, alguns termos têm que ser conceituados para não gerar nenhum conflito de interpretação. O termo acessibilidade

digital refere-se ao acesso a qualquer recurso da tecnologia da informação, enquanto o termo acessibilidade na *internet* é usado para definir o acesso universal a todos os componentes da rede mundial de computadores, como *chats*, *e-mail* entre outros. Já o termo “e-acessibilidade”, refere-se especificamente ao componente *web*, que é um conjunto de páginas escritas na linguagem *HyperText Markup Language* (HTML) e interligadas por *links* de hipertexto [20],[21],[22].

De acordo com Pressiontt [23], o conceito de inclusão digital é oferecer acesso a todas as pessoas que não estejam conectadas ao mundo virtual e, mais do que isso, ensiná-las a utilizar a internet para resolver de forma efetiva problemas do dia-a-dia. Para todos os estudiosos e envolvidos na questão, inclusão digital não pode ser entendida apenas como oferecer um computador a um indivíduo, mas sim ensinar a utilizá-lo.

## **2.2 Classificação das deficiências e as ajudas técnicas**

O Artigo 3 da Declaração dos Direitos das Pessoas com Deficiência, diz que "as pessoas com deficiências assiste o direito, inerente a todo a qualquer ser humano, de ser respeitado, sejam quais forem seus antecedentes, natureza e severidade de sua deficiência". Elas têm os mesmos direitos que os outros indivíduos da mesma idade, fato que implica desfrutar de vida decente, tão normal quanto possível [24],

Conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS) [2], as deficiências são classificadas por deficiência mental, deficiência física, deficiência auditiva, deficiência múltipla e deficiência visual, elas são apresentadas a seguir.

### **2.2.1 Deficiência Mental**

A deficiência mental é definida como sendo o funcionamento intelectual significativamente inferior à média, e caracterizada por limitações associadas a duas ou mais áreas de habilidades normais, tais como: comunicação, cuidado pessoal, habilidades sociais, utilização da comunidade, saúde e segurança, habilidades acadêmicas, lazer e trabalho [18], [24].

Os indivíduos com deficiência mental não são afetados da mesma forma, isso depende do grau de comprometimento de cada um. De acordo com a OMS [25], essas pessoas são classificadas como portadoras de deficiência mental leve, moderada, severa e profunda.

Contudo, atualmente tende-se a não enquadrar previamente a pessoa com deficiência mental

em uma categoria baseada em generalizações de comportamentos esperados para sua faixa etária. O nível de desenvolvimento a ser alcançado pelo indivíduo irá depender não só do grau de comprometimento da deficiência mental, mas também da sua história de vida, do apoio familiar e das oportunidades vivenciadas.

Os softwares e suas interfaces, equipamentos e recursos tecnológicos quando utilizados possibilitam a promoção da aprendizagem, podendo o educador contribuir para uma organização de situações agradáveis e estimulantes que ampliem as possibilidades infantis de expressão, comunicação e criação, organização de pensamentos e ideias, de convivência e de brincar [26].

Para o desenvolvimento dos indivíduos com deficiência mental, existem diversas técnicas de estimulação congênita, podendo ser elas realizadas com auxílio de recursos tecnológicos ou não. Dentre os principais recursos usados com os deficientes mentais são os jogos e brincadeiras com adaptações, como dominó, quebra-cabeça, jogo da adivinhação, jogos de memória, ábaco de argola, pescaria entre outros [27].

### **2.2.2 Deficiência Física**

A deficiência física refere-se ao comprometimento do aparelho locomotor que compreende o sistema ósteo-articular, o sistema muscular e o sistema nervoso. As doenças ou lesões que afetam quaisquer desses sistemas, isoladamente ou em conjunto, podem produzir quadros de limitações físicas de grau e gravidade variáveis, segundo o(s) segmento(s) corporais afetados e o tipo de lesão ocorrida [24].

A OMS [25], estima que 10% da população são constituídos de pessoas com algum tipo de deficiência. Para os países em desenvolvimento essa taxa varia de 12% à 15% de sua população. Destes, 20% seriam portadores de deficiência física. Considerando-se o total dos portadores de qualquer deficiência, apenas 2% deles recebem atendimento especializado, público ou privado [28].

Para essa classe específica de pessoas com necessidades especiais, desenvolve-se os dispositivos chamados periféricos especiais, que são recursos de acessibilidade que promovem adaptações físicas, como por exemplo: haste fixada na cabeça para digitação, pulseiras e teclado fixado, estabilizador de punho abductor de polegar, máscara total ou parcial em teclado e microfones fixados para o controle dos comandos via sopros [29].

### 2.2.3 Deficiência Auditiva

Segundo a OMS [25], 42 milhões de pessoas acima de 3 anos de idade, têm algum tipo de deficiência auditiva, classificada de leve a profunda. Há expectativa que o número de pessoas com deficiência auditiva no mundo atinja a marca de 57 milhões, e no Brasil, atualmente ocupa a terceira posição em relação a todas as deficiências já registradas pelos órgãos de saúde, sendo 1,5% da população brasileira, ou seja, cerca de 2.250.000 habitantes são portadores de deficiência auditiva.

Para Teixeira [30], a deficiência auditiva é considerada genericamente como a diferença existente entre a performance do indivíduo e a habilidade normal para a detecção sonora de acordo com padrões estabelecidos pela *American National Standards Institute* (ANSI). Considera-se que a audição normal corresponde à habilidade para detecção de sons até 20 dB N.A (decibéis, nível de audição).

Tomando como apoio o artigo 4º do Decreto no 3298/1999 [18] e a Declaração dos Direitos das Pessoas Deficientes elaborado pela ONU [24], a classificação das pessoas com deficiência auditiva é caracterizada pela perda parcial ou total das possibilidades auditivas sonoras, variando de graus e níveis conforme apresenta a Tabela 2.1:

Tabela 2.1: Níveis de deficiência auditiva

Nível	Limiar Inferior (dB)	Limiar Superior (dB)
Audição Normal	0	24
Deficiência Auditiva Leve	25	40
Deficiência Auditiva Moderada	41	55
Deficiência Acentuada	56	70
Deficiência Auditiva Severa	71	90
Deficiência Auditiva Profunda	91	Acima

Os indivíduos com níveis de perda auditiva leve, moderada e severa são mais frequentemente chamados de deficientes auditivos, enquanto os indivíduos com níveis de perda auditiva profunda são chamados surdos.

Para qualquer nível da deficiência auditiva, a pessoa pode utilizar do dicionário de Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), desenvolvido com apoio da Secretaria Nacional de Direito Humanos da coordenadoria Nacional de Deficiência.

Como auxílio tecnológico existe o aplicativo *Player Rybená*, que significa "comunicação"



na língua indígena “Xavante”. É uma tecnologia totalmente nacional, batizado com um nome tipicamente brasileiro, com o objetivo de inclusão social de portadores de necessidades especiais através do uso de comunicação digital. A ferramenta é capaz de converter qualquer página da Internet ou texto escrito em português para a LIBRAS, tornando sites acessíveis. Essa solução é uma tecnologia de comunicação digital (sinalizada), única no mundo, que oferece à comunidade com necessidades especiais, condições de acesso a serviços públicos e privados, garantindo assim o exercício pleno da sua cidadania, de forma autônoma e não tutelada [31].

#### 2.2.4 Deficiência Múltipla

As pessoas com deficiência múltipla são aquelas que apresentam um conjunto de duas ou mais deficiências.

A surdo cegueira é uma deficiência múltipla que apresenta a perda da audição e visão de tal forma, que a combinação das duas deficiências impossibilita o uso dos sentidos de distância, cria necessidades especiais de comunicação, causa extrema dificuldade na conquista de metas educacionais, vocacionais, recreativas, sociais, para acessar informações e compreender o mundo que o cerca [32].

A múltipla deficiência sensorial é a deficiência auditiva ou a deficiência visual associada a outras deficiências (mental e/ou física), como também a distúrbios (neurológico, emocional, linguagem e desenvolvimento global) que causam atraso no desenvolvimento educacional, vocacional, social e emocional, dificultando a sua auto suficiência [18], [24].

Dependendo da combinação das deficiências apresentada pelos usuários é que se desenvolve TAs específica. Isso vai de acordo com o conjunto de funcionalidades afetadas, como por exemplo o uso de LIBRAS para surdo cegos, destinada especificamente para surdos, e o Braille, originalmente destinado para leitura por cegos.

O *braille* não apresenta diferença entre os métodos aplicados para cegos ou surdo cegos, pois o canal de comunicação é o tato. A técnica de alfabeto manual para surdo cegos foi adaptado da LIBRA, a letra é desenhada na palma da mão do indivíduo seguindo um padrão definido.

Na sequência, são apresentadas algumas adaptações eletrônicas encontradas para o auxílio de pessoas com deficiência múltipla [33], [34], [35].

- **Braille:** sistema que utiliza padrões de pontos elevados para indicar as letras, números e

pontuações.

- ***Refreshable Braille***: dispositivo utilizado em conjunto com um computador. Baseia-se na elevação e retração de pinos em uma matriz, a fim de reproduzir os caracteres em Braille.
- ***Optical Character Recognition (OCR) Scanners***: dispositivos que convertem material impresso em formato digital para que este possa ser convertido em Braille ou em voz.
- ***Tellatouch***: dispositivo portátil utilizado para comunicar uma letra de cada vez ao público.
- ***Vibro-tactual alerting devices***: informa os indivíduos surdo cegos sobre sons ambientes (toque de telefone, som de campainha, alarme de incêndio, etc) através de atuadores vibrotáteis.

## 2.3 Deficiência Visual

Segundo a OMS [25], cerca de 1% da população apresenta algum grau de deficiência visual e mais de 90% encontram-se nos países em desenvolvimento. Nos países desenvolvidos, a população com deficiência visual é composta por cerca de 5% de crianças, enquanto os idosos são 75% desse contingente.

O indivíduo é considerado deficiente visual quando a acuidade visual for igual ou menor que 20/200 no melhor olho, após a melhor correção, ou campo visual inferior a 20° (tabela de Snellen)<sup>1</sup>, ou a ocorrência simultânea de ambas as situações [18].

O termo deficiência visual refere-se a uma situação irreversível de diminuição da resposta visual, em virtude de causas congênitas ou hereditárias, mesmo após tratamento clínico e/ou cirúrgico e uso de óculos convencionais. A diminuição da resposta visual pode ser leve, moderada, severa, profunda (que compõem o grupo de visão subnormal ou baixa visão) e ausência total da resposta visual (cegueira) [24].

---

<sup>1</sup>A Tabela de Snellen é um diagrama utilizado para avaliar a acuidade visual de uma pessoa. Existem duas versões, a tradicional com letras e a utilizada para alfabetos que se constitui da letra E com variações de rotação, em que se pede para o examinado indicar a posição da letra.

O indivíduo com baixa visão ou visão subnormal é aquele que tem acuidade visual menor que 6/18 à percepção de luz, ou um campo visual menor que 10 graus do seu ponto de fixação, mas que usa ou é potencialmente capaz de usar a visão para o planejamento e/ou execução de alguma tarefa [25].

Para as pessoas com deficiência visual total (cegueira), são mais utilizados os seguintes tipos de TAs:

### **Navegador Textual**

Um navegador textual é um navegador baseado em texto, diferente dos navegadores com interface gráfica, onde as imagens são carregadas. O navegador textual pode ser usado com o leitor de tela por pessoas cegas e também por pessoas que acessam a internet com conexão lenta.

### **Navegador por Voz**

Esses navegadores utilizam a navegação orientada pela voz. Alguns possibilitam o reconhecimento da voz e a apresentação do conteúdo com sons, outros permitem acesso baseado em telefone (através de comando de voz pelo telefone e/ou por teclas do telefone).

## **2.3.1 Ampliadores e Leitores de Telas**

Os ampliadores de telas são programas utilizados por pessoas que ainda tem algum resquício de visão. Os chamados indivíduos com baixa visão ou visão subnormal. Estas pessoas, mesmo enxergando, têm dificuldade em distinguir as letras e figuras que aparecem na tela do computador. O papel de um programa ampliador de tela é justamente tornar maior, e por conseqüência mais visível, as figuras e letras que estão no monitor [37].

Os Leitores de telas são softwares que lêem o texto que está na tela do microcomputador, cuja saída da informação se dá através de um sintetizador de voz ou um *display Braille*, o leitor de tela “fala” o texto para o usuário ou dispõe o texto em braille através de um dispositivo onde os pontos são salientados ou rebaixados para permitir a leitura.

Para essas pessoas, tem-se desenvolvido algumas ferramentas que executam em ambientes de interface gráfica, tais como, XWindow, o System 7, e o Windows. O JAWS, Orca, Gnopernicus, xLupa e Dosvox são apresentados com TAs para as pessoas com deficiência visual parcial e total.

## **JAWS**

*Job Access With Speech* é um dos leitores mais utilizados entre os deficientes visuais, pois a grande quantidade de recursos disponíveis permite uma interação entre o computador e o usuário com total independência. O JAWS é um software comercializado e importado. Também foi traduzido e adaptado para comercialização no Brasil pelo representante da associação Laramara de assistência ao deficiente visual.

## **Orca**

O Orca é uma ferramenta assistiva para usuários de sistemas operacionais Linux. Muitas distribuições de sistemas operacionais na plataforma Linux vêm com o aplicativo Orca instalado como padrão. Usando várias combinações da síntese de fala, do Braille e da ampliação ele promove acessibilidade para os mais diversos tipos de usuários com os mais variados tipos de limitações. Orca é o leitor para ambiente gráfico Gnome mais utilizado no Linux.

Atualmente, tanto no mercado de software livre como no mercado de software proprietário, existem diversos aplicativos que se enquadram na categoria de tecnologias assistivas, alguns de propósito mais geral como o ORCA, que é executado em ambiente Linux que possui funcionalidades que apoiam usuários com as mais diversas deficiências como baixa visão, cegos e surdo-cego com recursos de ampliação de tela, leitor de tela e sistema braile, e vêm instalado como padrão no Linux, isso ajudou a aumentar sua popularidade junto à comunidade de usuários.

Ele é uma ferramenta com múltiplas funcionalidades dentro da tecnologia assistiva, pois possui diversos recursos que atendem aos usuários com as mais variadas deficiências. Entre os recursos estão: ampliação de tela, leitor de tela, sistema braile, e outros. A Figura 2.1, apresenta o Orca sendo executado para a ampliação da tela, em uma navegação na internet.

Ele foi um dos primeiros ampliadores de tela baseado em ambiente Linux que proveu ampliação em tela cheia, ao contrário de outros ampliadores que por limitações técnicas faziam a ampliação da tela em apenas parte dela, deixando a outra parte sem ampliação e conseqüentemente inutilizada pelos usuários de baixa visão.

Segundo Carioca [38], o fato de algumas distribuições Linux poderem rodar a partir de um CD, permite que até um cego instale o sistema na máquina com o auxílio de voz, ao passo que no Windows ele precisará de alguém que o auxilie, pois não terá leitor de tela disponível nessa etapa.



Figura 2.1: Ampliador de tela Orca com fator de ampliação igual a dois e com a mira ativada.

## Gnopernicus

O ampliador e leitor de telas do Gnopernicus oferece ao usuário a possibilidade de alternar entre dois modos para informar as ações feitas sobre o desktop, esses modos se chamam *focus tracking mode* ou *flat review mode*.

No modo *focus tracking mode*, o software trabalha como se a tela possuísse vários objetos e quando esses objetos recebem o foco o software informa o nome, o status e a descrição do objeto que está sendo focado, dando uma resposta falada ao usuário [36].

No modo *flat review mode*, a janela em evidência é considerada uma figura dividida em linhas. O usuário poderá navegar de uma linha a outra; em cada linha o Gnopernicus relata ao usuário o texto explicitado na linha [36].

Outra possibilidade disponível é a escolha de configurações que podem ou não ser habilitadas de acordo com a conveniência de cada usuário e são utilizadas como parâmetros para o software personalizar a síntese de voz. Algumas destas configurações devem ser salientadas [36]:

- Ignorar pontuações nas frases;
- Avisar se as teclas (Caps Lock, Shift, Control, Tab, etc.) foram pressionadas;
- Reproduzir aviso sonoro quando as teclas de navegação forem pressionadas;

- Usar dicionário de substituição de palavras. Exemplo: (BR = Brasil).

O software Gnopernicus é mantido pela empresa romena *Baum Engineering SRL*, e faz parte do GNOME *Accessibility Project*, um projeto voltado para o desenvolvimento de técnicas que garantam às ferramentas do ambiente GNOME<sup>2</sup> serem acessíveis à pessoa portadora de necessidades especiais [36].

Atualmente existem vários sistemas operacionais que possuem o Gnopernicus instalado por padrão, dentre eles salientam-se [36]: Solaris, Debian, SuSE, JDS3, Red Hat e Ubuntu.

O código fonte do Gnopernicus é disponibilizado sobre os termos da GPL<sup>3</sup>, isso garante a qualquer pessoa o acesso ao código fonte, ampliando a possibilidade de transferência de tecnologia e, conseqüentemente, o aperfeiçoamento do software.

Para que se possam fazer melhorias no código fonte do Gnopernicus, é necessário o conhecimento prévio da linguagem programação C, da biblioteca de desenvolvimento Xlib (*X Library*), da biblioteca de desenvolvimento Glib, da ferramenta de desenvolvimento GTK (*Gimp Toolkit*) e de ferramentas auxiliares de desenvolvimento como GDK (*Gimp Draw Kit*) e ATK (*Accessibility Toolkit*) [36].

O software possui três vertentes de utilização: a ampliação da tela para ajudar à pessoa portadora de baixa visão a melhor enxergar os objetos dispostos no monitor; um leitor de telas para ajudar os deficientes visuais a se guiarem na navegação e na execução dos programas; e a possibilidade da utilização de dispositivos braille [36].

O Gnopernicus pode trabalhar de dois modos em relação ao seu ampliador de telas: a ampliação parcial e a ampliação total da tela. Por padrão a ampliação parcial é sempre a selecionada, se o usuário preferir a ampliação total, essa deve ser configurada.

Na ampliação parcial a área da tela é dividida em duas áreas, como mostra a Figura 2.2. A área da esquerda é o reflexo da tela em condições normais, sem ampliação, e a área da direita é a tela da esquerda ampliada. A regra de uso para esse tipo de ampliação é o conteúdo a ser ampliado estar visualmente disponível na área da esquerda.

---

<sup>2</sup>O GNOME é um ambiente gráfico disponibilizado como Software Livre que pode ser obtido gratuitamente [39].

<sup>3</sup>Licença Pública Geral é uma licença de uso utilizada em projetos de Software Livre [40].



Figura 2.2: Tela de execução do Gnopernicus.

### **xLupa**

O xLupa é um ampliador e leitor de tela inteligente, voltado para pessoas com baixa visão, e é resultado de um projeto de pesquisa no âmbito das Tecnologias Assistivas que teve início em meados de 2004 e continua até hoje como projeto de pesquisa na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE).

Seu foco principal é a ampliação de tela, onde, além da ampliação, conta com diversas opções de tratamento da imagem final, como é o caso do uso de cores, brilho e contraste que auxiliam os usuários que não são capazes de enxergar de forma nítida certas cores. A apresentação da Figura 2.3, mostra a ampliação do xLupa na Internet.

O leitor do xLupa é capaz de ler textos, ícones, menus, links, e pode ser controlado a velocidades da voz durante a leitura conforme opção do usuário.

Considerando-se os diferentes aspectos que precisam ser trabalhados na elaboração de aplicativos com características tão peculiares e complexas como as que prevalecem nos ampliadores de tela, as soluções publicadas costumam ser desenvolvidas de maneira integrada. Então além da ampliação, o software conta com um leitor de telas que, segundo os desenvolvedores, foi uma reivindicação da comunidade de usuários, que fadigava a visão após determinado tempo usando o ampliador. Com o leitor de tela os usuários forçam menos os olhos no uso do computador.

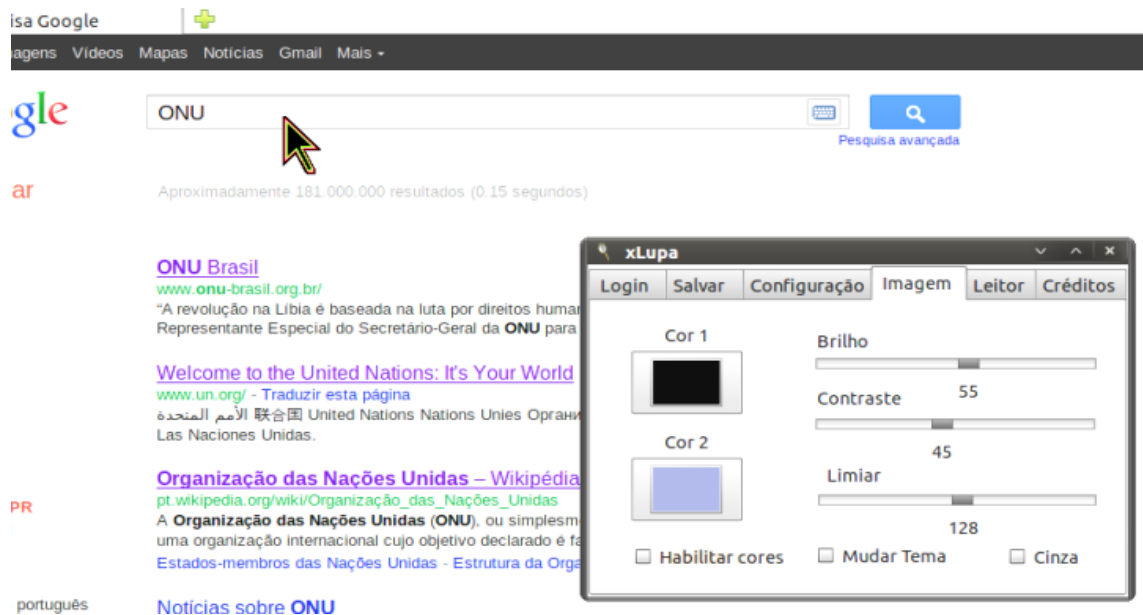


Figura 2.3: Execução do xLupa na internet.

Ainda, segundo os desenvolvedores do projeto xLupa, a ferramenta vem sendo testada por alunos e professores especializados na área da deficiência visual de diferentes escolas públicas do ensino fundamental e básico. Com a ferramenta, por meio de configurações individuais, os usuários adquirem independência em suas atividades diárias de leitura e acesso ao conhecimento, seja para fins escolares, de trabalho ou para qualquer outra finalidade. A proximidade dos desenvolvedores com os usuários finais e sendo o xLupa um projeto de pesquisa realizado em uma universidade, o diferencia quando comparado a outros ampliadores de tela do mercado.

Segundo os autores do projeto, estes são os principais objetivos do xLupa:

- Oferecer à comunidade de deficientes visuais, de uma maneira geral, uma solução gratuita e gratuitamente, especializada que lhes possa auxiliar em seu dia-a-dia;
- Propiciar uma melhor condição de trabalho e qualidade de vida daqueles que utilizam a ferramenta;
- Contribuir com as escolas públicas nos trabalhos que desenvolvem junto aos alunos com visão reduzida;
- Estender o uso da ferramenta para programas e projetos que também desenvolvam ações



com pessoas com deficiência visual, especialmente aqueles trabalhos voltados para a inclusão social e digital de seus assistidos;

- Promover a formação de recursos humanos em TAs.
- Possibilitar a integração de especialistas de diferentes áreas do conhecimento, a partir de grupos de estudo e desenvolvimento de recursos para o atendimento às pessoas com necessidades especiais;

Atualmente o projeto atende uma média de 21 alunos em teste, não levando em consideração os usuários (esporádicos) que têm feito download da ferramenta via o site, sobre os quais não há como precisar a quantidade.

É possível baixar o software pela internet [www.unioeste.br/nit](http://www.unioeste.br/nit) -> Projetos em desenvolvimento -> xLupa. O xLupa também tem sido alvo de interesse de outras pessoas com baixa visão, que não são necessariamente alunos, e que nos têm dado um importante retorno em relação ao seu uso e funcionamento, enviando-nos sugestões que vão desde propostas de melhorias a outras tantas demandas.

### **2.3.2 Ferramentas com Múltiplas Funcionalidades**

Os softwares mais específicos como é o caso do o DOSVOX que consiste em um aplicativo do tipo MS-DOS que não trabalha em função do mouse, mas apenas com o teclado. Ele apresenta vários aplicativos acoplados que permitem dentre outras coisas enviarem e-mail, jogar e ler textos.

#### **Dosvox**

O principal fator para o desenvolvimento de tecnologia na vida dos deficientes visuais brasileiros foi a criação do sistema DOSVOX, no Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em 1994. O sistema foi inicialmente preparado para ajudar os estudantes cegos da UFRJ a realizarem seus trabalhos de maneira convencional, escrevendo e lendo de forma que os professores pudessem interagir com eles mais facilmente.

O DOSVOX é um sistema de computador que se comunica com o usuário através de síntese de voz, viabilizando, o uso de computadores por deficientes visuais, tornando assim uma vida independente para o acesso a informações, trabalho e estudos. Além da sintetização da voz,

grande parte das mensagens são feitas em voz humana gravada e garante que não haja estresse durante o uso, e ainda há a opção de configuração para idioma, na Figura 2.4 apresenta-se uma tela do sistema DOSVOX com o diretória de busca de um texto a ser lido.

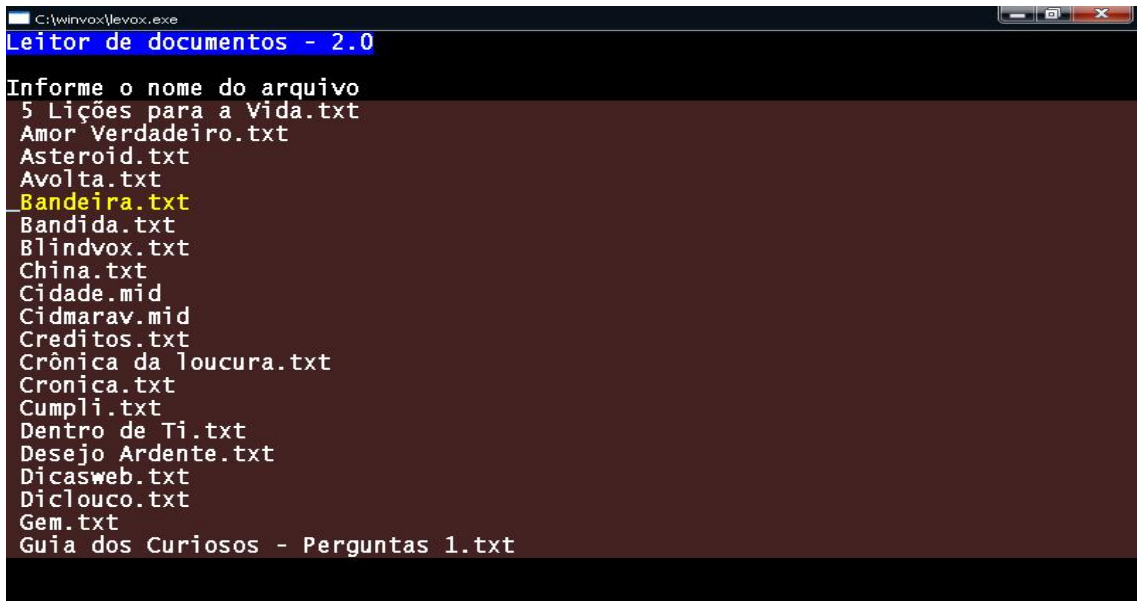


Figura 2.4: Leitor de tela Dosvox.

De acordo com informações que constam no site oficial do DOSVOX, ele é um sistema gratuito e atualmente é composto por mais de 70 (setenta) programas que se organizam nas seguintes funções [41]:

- Sistema operacional que contém os elementos de interface com o usuário;
- Sistema de síntese de fala para língua portuguesa;
- Editor, leitor e impressor / formatador de textos;
- Impressor / formatador para Braille;
- Aplicações para uso geral: caderno de telefones, agenda, calculadora, preenchimento de cheques, etc.;
- Jogos diversos;
- Utilitários de internet: FTP, acesso a WWW, um ambiente de *chat*, um editor html, etc.;

- Programas multimídia, como o processador multimídia (áudio midi CD), gravador de som, controlador de volumes, etc.;
- Programas dirigidos à educação de crianças com deficiência visual;
- Um sistema genérico de telemarketing, dirigido à profissionais desta área;
- Ampliador de tela para pessoas com visão reduzida;
- Leitores de janelas para Windows.

Ao contrário das outras ferramentas apresentadas neste trabalho, o DOSVOX não trabalha lendo o conteúdo das janelas dos sistemas operacionais, mas sim, possui uma espécie de sistema operacional próprio que lembra o ambiente MS-DOS. Os autores defendem que o DOSVOX combina estilos clássicos de interface:

- Seleção de menus;
- Perguntas e respostas e linguagem de comandos;

E ainda, que possui as seguintes características em favor deste tipo de interface:

- Alta velocidade de aprendizado;
- Alta velocidade no uso corrente;
- Redução na taxa de erros de operação;
- Rápida assimilação da operação da interface;
- Operação agradável.

Tem-se notado uma grande popularidade em nível nacional do sistema DOSVOX junto às pessoas cegas ou baixa-visão que utilizam o computador. Alguns dos motivos para essa popularidade é o fato da ferramenta rodar na plataforma Windows, largamente conhecida e usada, e devido a grande gama de recursos que ela oferece.

## Capítulo 3

# A Técnica de Raciocínio Baseado em Casos

A espécie *homo sapiens* "homem sábio", em latim, como é denominada cientificamente os seres humanos, está relacionada a capacidade de acumular conhecimento e resolver seus problemas de forma inteligente. A acumulação de conhecimento e a resolução de problemas são processos complexos que envolvem um ciclo completo do processamento das informações, que iniciam na coleta do conhecimento pelos sentidos, até o seu armazenamento através das estruturas da cognição humana. "A Inteligência Artificial (IA) é um ramo da ciência dedicada a compreensão das entidades inteligentes"[42].

Um dos objetivos da IA é fornecer ferramentas formalizadas para reunir os conhecimentos e as heurísticas dos sistemas cognitivos, ou seja, para a elaboração de sistemas computacionais que representem o ciclo de funcionamento e que demonstrem o procedimento intelectual dos seres humanos na realização de determinadas tarefas.

A IA é um ramo da ciência da computação que reúne uma extensa gama de disciplinas relacionadas com a reprodução, em sistemas artificiais, do pensamento e das características normalmente associadas à inteligência humana. O escopo da IA é portanto muito amplo e abrange desde estudos epistemológicos e filosóficos até a robótica e sistemas adaptativos, passando por modelos formais de raciocínio, redes neurais artificiais, teoria do caos, algoritmos genéticos e assim por diante [43].

Tem sido crescente o interesse pela interdisciplinaridade em aplicações de IA. Estão sendo realizadas aplicações nas áreas da saúde, da engenharia e da computação em si. O motivo para esse tipo de aplicação se expandir rapidamente é seu bom desempenho em diversas áreas, sendo uma aplicação de fácil entendimento e aproveitamento.

De acordo com McCarthy [44], a IA é conceitualizada como sendo a ciência que estuda

a forma de se construir máquinas inteligentes, principalmente softwares inteligentes. Trata-se da compreensão do comportamento humano por meio da utilização de máquinas. Os autores Russel e Norvig [42], elaboraram uma divisão do conceito de IA em quatro categorias de acordo com as linhas de pesquisa, estas categorias são explicadas pelas definições dadas por vários pesquisadores:

- (i) Sistemas que pensam como seres humanos, cujo objetivo é o de implementar máquinas capazes de pensar como um ser humano;

“O Novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem...máquinas como mentes, no sentido total e literal.” (Haugeland, 1985)

“A automação de atividades que associamos ao pensamento humano, tais como tomada de decisão, resolução de problemas, aprendizagem.” (Bellman, 1978)

- (ii) Sistemas que pensam racionalmente, que buscam pensar e raciocinar de forma correta, sem se basear no pensamento humano, visto que este possui imperfeições;

“O estudo das faculdades mentais através do uso de modelos computacionais.” (Charniak e McDermott, 1985)

“O estudo das computações que tornam possível perceber, raciocinar e agir.” (Winston, 1992)

- (iii) Sistemas que atuam como seres humanos, que se referem ao modo com que um ser humano age (comportamento) e não à sua forma de pensar;

“A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas.” (Kurzweil, 1990)

- (iv) Sistemas que atuam reacionalmente, que referenciam a forma correta de agir.

“A inteligência computacional é o estudo do projeto de agentes inteligentes.”(Poole *et al.*, 1998)

A manipulação de conhecimentos por meio de mecanismos artificiais e as formas de representá-lo, são os grandes desafios da Inteligência Artificial. Por ser volumoso, de difícil caracterização, de alta mutabilidade e por diferir simples dados e organizar-se de uma maneira

que corresponde ao que será usado, a representação do conhecimento é componente fundamental em sistemas inteligentes. Pelos mecanismos de representação, o conhecimento é codificado através de objetos, atributos, objetivos, ações e é processado através de estruturas e procedimentos.

Segundo Rich e Knight (1993), a representação do conhecimento em um determinado domínio deve possuir as seguintes propriedades:

- **Adequação Representacional:** capacidade de representar todos os tipos de conhecimento necessários naquele domínio;
- **Adequação Inferencial:** capacidade de manipular as estruturas representacionais de modo a derivar novas estruturas que correspondam a novos conhecimentos, inferidos a partir de conhecimentos antigos;
- **Eficácia Inferencial:** capacidade de incorporar à estrutura de conhecimento informações adicionais que podem ser usadas para focalizar a atenção dos mecanismos de inferência nas direções mais promissoras;
- **Eficácia Aquisitiva:** capacidade de adquirir novas informações facilmente. O caso mais simples envolve a inserção direta, por meio de uma pessoa, de novos conhecimentos na base de dados. O ideal seria se o próprio programa fosse capaz de controlar a aquisição de conhecimento.

### 3.1 As Categorias da IA

Com relação às formas de resolução de problemas, a IA se divide em duas grandes categorias: Os métodos utilizados para resolver problemas e o modo como as soluções são distribuídas espacialmente. De forma geral, quanto aos métodos de solução de problemas, é classificada em: IA Simbólica (IAS), IA Conexionista (IAC), IA Evolucionária (IAE) e IA Híbrida (IAH). Quanto a localização espacial tem-se a IA Monolítica (IAM) e a IA Distribuída (IAD) [45], como apresentado na Figura 3.1.

A IAS é uma abordagem utilizada para a manipulação do conhecimento, através de regras de inferência inspiradas nos silogismos propostos por Aristóteles, há mais de 2.000 anos.

A IAC aplica-se para resolução de problemas mal definidos, mas que são conhecidos através de exemplos. Entre os campos de aplicações de técnicas conexionistas, das quais destacam-se as Redes Neurais Artificiais (RNA), citam-se, como exemplo: reconhecimento de padrões; controle de processos industriais; robótica; dentre outros. Outras técnicas de resolução de problemas podem ser encontradas na IAC, como é o caso do Raciocínio Baseado em Casos (RBC).

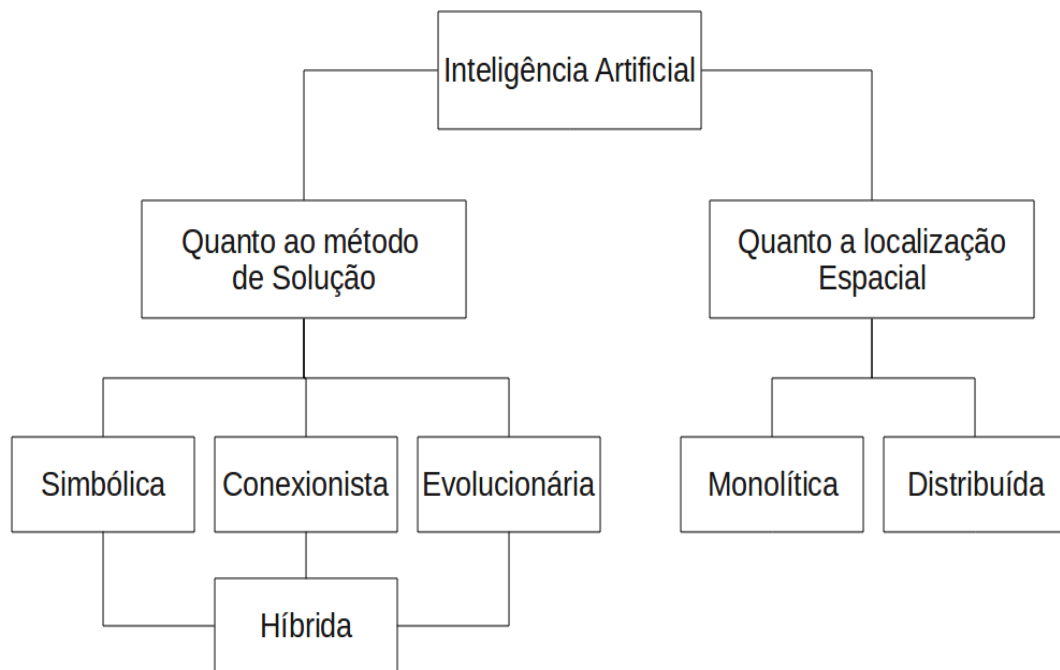


Figura 3.1: Esquema da distribuição das categorias de IA.

Na IAE, os mecanismos utilizados são os mesmos encontrados na evolução biológica. É um exemplo de solução de problema bem definido de sobrevivência de uma espécie em ambiente variável. Pode ser encarada como um método de otimização com restrições variáveis e muitas vezes desconhecidas.

A IAH reúne vantagens de mais de um tipo de método de abordagem para a resolução de problemas.

A IAM é o modo de implementar soluções de IA como uma unidade indivisível. Muitas vezes são sistemas simples sem modularidade, como é o caso de muitos sistemas especialistas que utilizam uma base de conhecimento única e podem funcionar em um computador.

O funcionamento da IAD depende de um determinado conjunto de partes (ou módulos), que funcionam de modo relativamente independente, para resolver de modo cooperativo um determinado problema. A IAD, de acordo com [46], surge como uma abordagem alternativa, onde as técnicas tradicionais da IA, combinadas com as funcionalidades dos sistemas distribuídos, dão origem à noção de sociedade de agentes.

O presente trabalho está contido na IAD quanto a localização espacial e na IAC referente ao método de resolução de problemas, já que, é impossível definir precisamente o comportamento humano, o que caracteriza o módulo de adaptabilidade como um problema mal definido. No método de solução é usado como técnica o RBC.

A IAD é uma das áreas da IA que mais se desenvolveram nos últimos anos e apresenta um enorme potencial em aplicações. A IAD estuda o conhecimento e os métodos de raciocínio que podem ser necessários ou úteis para que agentes computacionais participem de sociedades de agentes. Em termos de técnicas computacionais, a IAD reúne as da área de sistemas distribuídos e da IA [46].

Segundo Bittencourt [46], as razões para distribuir sistemas inteligentes, que implementam alguns domínios de aplicação, tais como controle de tráfego aéreo, distribuição de energia elétrica, controle ambiental, neste caso, TAs, são várias. As principais vantagens são:

- Melhorar a adaptabilidade, a confiabilidade e a autonomia do sistema;
- Reduzir os custos de desenvolvimento e manutenção;
- Aumentar a eficiência e a velocidade;
- Permitir a integração de sistemas inteligentes existentes de maneira a aumentar a capacidade de processamento e, principalmente, a eficiência na solução de problemas;
- Permitir a integração dos computadores nas redes de atividades humanas.

## **3.2 Fundamentos do Raciocínio Baseado em Casos**

O Raciocínio Baseado em Casos (RBC), [47], [48], [49] surgiu como uma técnica para a solução automática de problemas. É aplicável de forma simples e direta num amplo espectro de tarefas, todas tipicamente relacionadas à IA. A ideia básica do enfoque de RBC é resolver um



novo problema relembrando uma situação anterior similar, e então, reutilizando informação e conhecimento daquela situação [50].

No processo de recordar uma situação semelhante quando comparado a uma nova, os sistemas de RBC simulam o raciocínio analógico. Como o ser humano, resolve seus problemas, buscando soluções já resolvidas anteriormente por um problema parecido. Os Sistemas de RBC imitam o ato humano de recordar um episódio prévio para resolver um determinado problema devido a forte semelhança entre eles.

Para Carvalho [51], a capacidade das pessoas de compreender e aprender está ligado ao processo de recordar, considerando um aspecto crucial da memória humana. Ao tentar compreender o que está vendo e ouvindo, o ser humano sempre busca em sua memória mesmo que inconsciente, algo que possa ajudá-lo nesta compreensão, ou seja, ele sempre se recorda de algo que já foi compreendido no passado e que, de alguma forma, lhe é útil para compreender a situação atual. Em um sistema RBC a ideia básica é que, para um domínio particular, os problemas a serem resolvidos tendem a ser recorrentes e repetir-se com pequenas alterações em relação a sua versão original.

O RBC passou a ser um campo de interesse bastante difundido. Isto pode ser percebido através do aumento do número de documentos nesta área, disponibilidade de produtos comerciais e relatórios de aplicações. No decorrer dos últimos anos, o RBC tem se aplicado a várias áreas facilitando a vida de muitas pessoas, temos aplicações de RBC voltada ao plantio de árvores frutíferas, aplicações de controle de processos jurídicos, aplicações de consultas médicas, aplicações de aprendizado via web e outros. Com isso vemos que o RBC é bastante viável e esta sendo muito bem aceito por quem o utiliza em suas aplicações [52].

Segundo Dalfovo [52], os casos geralmente são escritos em linguagem natural, o que representa uma forma de difícil manipulação computacional, aumentando as necessidades de engenharia de conhecimento sobre os casos.

O RBC tem sido reconhecido como uma das técnicas que mais se destaca no desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento dentro da inteligência artificial. Um sistema de raciocínio baseado em caso é uma metodologia de IA que apresenta a forma de raciocínio semelhante à de um especialista, onde o raciocínio é obtido por um processo de recordar um exemplo concreto. Porém, as pesquisas que a utilizam, geralmente desenvolvem trabalhos para um tipo

específico de domínio de problemas, o que resulta em alterações de programação caso o usuário deseje adaptá-lo para outros domínios. Este procedimento, muitas vezes, é tido como difícil e trabalhoso.

Segundo Janet Kolonder [49], RBC é um modelo cognitivo de raciocínio e um método de construção de sistemas inteligentes. Caracteriza-se por utilizar antigas experiências ao resolver novos problemas, como apresentado na Figura 3.2 [53]. Integra a solução de problemas, entendimento, aprendizado e memória dentro de um módulo. Procura sempre reproduzir a capacidade de fazer analogias entre situações e a experiências passada.

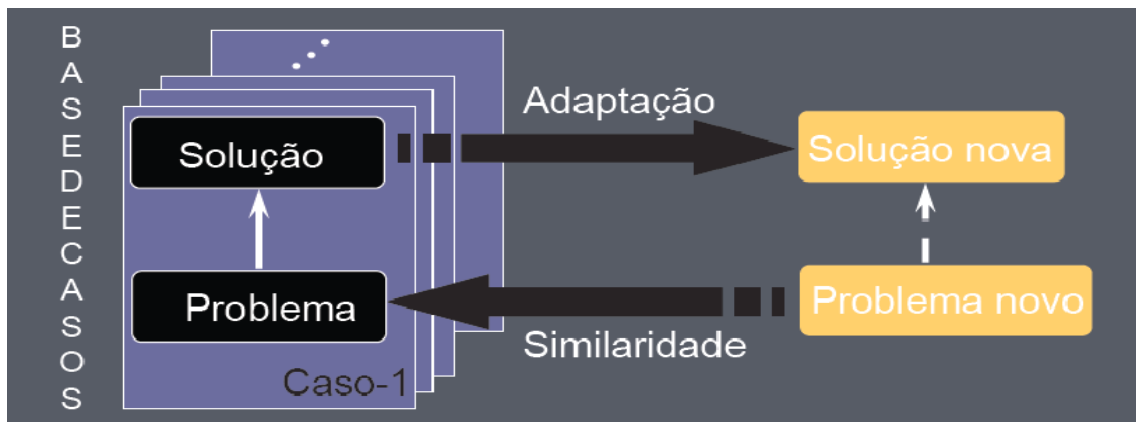


Figura 3.2: Modelo Básico do RBC.

### 3.2.1 Componentes do RBC

Os principais elementos de um sistema RBC, de acordo com Wangenheim e Wangenheim [53], são:

- **Representação do conhecimento:** Em um sistema de RBC, o conhecimento é representado principalmente em forma de casos que descrevem experiências concretas. No entanto, se for necessário, também os outros tipos de conhecimento sobre o domínio de aplicação podem ser armazenados em um sistema de RBC (por exemplo, casos abstratos e generalizados, tipos de dados, modelo de objetos usados como informação).
- **Medida de similaridade:** Trata-se do cálculo, para definir um grau de semelhança entre dois casos, e então, encontrar um caso relevante para o problema atual na base de casos e responder a pergunta quando um caso lembrado for similar a um novo problema.

- **Adaptação:** Situações passadas representadas como casos dificilmente serão idênticas as do problema atual. Sistemas de RBC avançados tem mecanismos e conhecimento para adaptar os casos completamente, para verificar se satisfazem as características da situação presente.
- **Aprendizado:** Para que um sistema se mantenha atualizado e possa evoluir, à medida que um problema é resolvido com sucesso, o sistema deve ser capaz de lembrar dessa situação no futuro como mais um novo caso.

Assim, quando um novo problema é encontrado, o RBC relembra casos similares e adapta as soluções que funcionaram no passado ao problema corrente.

### 3.2.2 Representação do conhecimento no RBC

A forma principal de representação de conhecimento em um sistema RBC são os casos. Um caso é uma peça de conhecimento contextualizado que registra um episódio em que um problema ou uma situação problemática foi total ou parcialmente resolvida. O caso representa, portanto, o conhecimento utilizado para solucionar um determinado problema [53].

A representação do conhecimento é um aspecto muito importante na elaboração de um sistema RBC e por isso deve-se ter muita atenção nessa etapa. A dificuldade na representação de casos em RBC é decidir o que armazenar em um caso, encontrar uma estrutura apropriada para descrever o conteúdo dos casos, decidir como a base de caso deve ser organizada, indexada para a recuperação e reuso eficaz dos casos.

A complexidade com que um caso é representado, varia dependendo do domínio onde o sistema RBC está sendo aplicado. Há várias maneiras para a representação dos casos, que pode ser através das descrições textuais do problema com a solução e resultado, também pode ser um vetor contendo características e valores para um caso ou arquivos contendo imagens, sons, ou mesmo uma estrutura que contenha todas essas informações [54].

As situações que exigem uma solução explícita, como um projeto ou planejamento de tarefas, focam nos objetivos e nas restrições em suas representações do problema. Aquelas que requerem entendimento ou interpretação, por sua vez, tendem a ter um único objetivo simples, como diagnóstico ou entendimento. Assim, conforme sugere Janet Kolodner [49], há dois

princípios gerais que devem ser seguidos na decisão de quais informações devem pertencer à descrição do problema:

- Incluir toda a informação descritiva que deve ser explicitamente levada em conta na busca do objetivo do caso;
- Incluir todos os tipos de informação descritiva que são normalmente usados para descrever os casos desta espécie.

Tecnicamente, um caso representa a descrição de um problema, bem como a solução utilizada durante a sua resolução, sendo visto como uma associação dos dois conjuntos de informações, a descrição do problema e respectiva solução. Cada conjunto estrutura-se por meio de um ou mais itens ou atributos. A Figura 3.3 [53] mostra o exemplo simplificado de um caso.

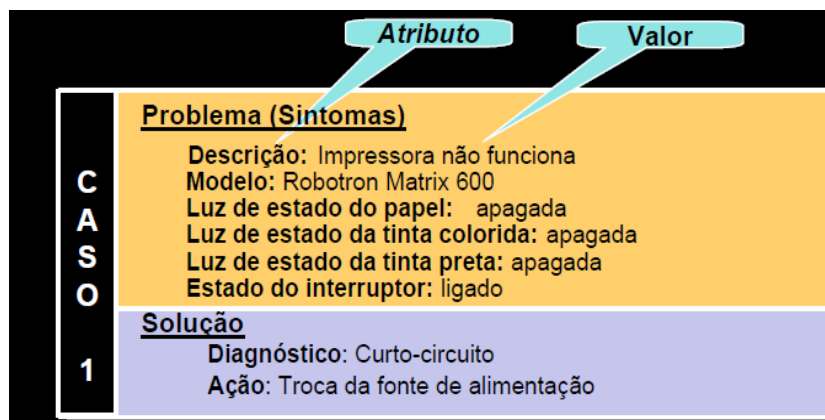


Figura 3.3: Exemplo de um Caso Simplificado do Sistema de Conserto de Impressora.

Um caso pode, por exemplo, representar:

- O conjunto dos sintomas de um paciente e os passos do tratamento médico aplicado;
- A descrição dos sintomas do defeito técnico apresentado por um equipamento e da estratégia de conserto aplicada;
- Os objetivos de um processo legal e sua respectiva jurisprudência;
- Os requisitos para um prédio e sua respectiva planta de construção;
- A descrição de um pacote de viagem.

- Aplicação de uma configuração de uma ferramenta para um determinado perfil de usuários.

Um caso também pode conter outros itens, como os efeitos da aplicação da solução ou a justificativa para aquela solução e sua respectiva explicação [49]. Pode ainda ser enriquecido por dados administrativos, como o número do caso, a data de sua criação ou o nome do engenheiro de conhecimento que o incorporou à base, e dados estatísticos, tais como número de sucesso do caso, e o número de vezes aplicado.

Casos contêm primordialmente experiência concretas, vividas em situação específica. No entanto, podemos também criar casos abstratos, que realizem a subsunção de experiências adquiridas em um conjunto de situações [BER96].

Para que estejam à disposição para serem reutilizados, os casos são organizados e armazenados em uma Base de Casos (BC). Trata-se de um conjunto de casos apropriadamente organizados. Geralmente, uma base de casos contém experiências positivas descrevendo estratégias de solução que contribuíram com sucesso para resolver o problema descrito, de forma que possam ser reutilizadas. Experiências negativas, expressando tentativas frustradas de solução de um problema podem também ser armazenadas, com o objetivo de indicar problemas potenciais e prevenir a repetição de erros passados.

### 3.2.3 Funcionamento Básico do RBC

A principal funcionalidade de um sistema RBC é a recuperação de casos que estão armazenados na base de casos, para a resolução de um atual problema reutilizando a solução passada através da determinação matemática da similaridade entre os casos.

Apesar de não existir um padrão que define as etapas a serem executadas pelo RBC, o modelo do ciclo de RBC proposto por Aamondt e Piazza [48], apresentado na Figura 3.4, é o mais aceito, ele engloba um ciclo de raciocínio contínuo composto por quatro tarefas fundamentais.

- **Recuperação:** onde recupera-se o caso mais similar ou um conjunto de casos da biblioteca ou base de casos;
- **Reutilização:** em que reutilizam-se as informações e o conhecimento que resolveram um problema anteriormente, associando-se sua solução e adaptando-a se necessário, ao contexto do problema atual.

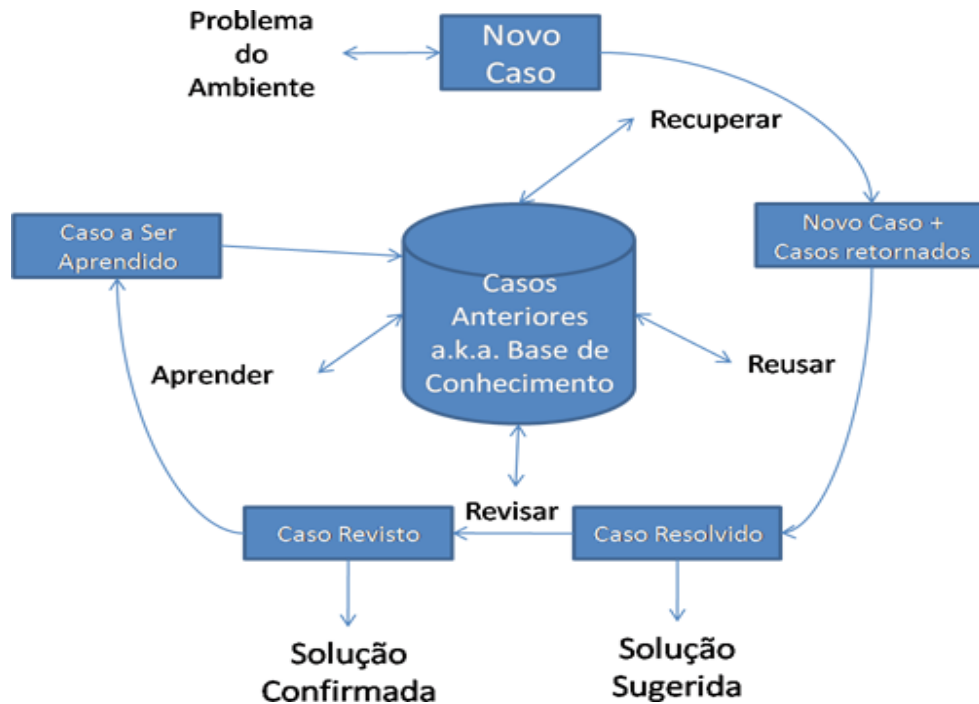


Figura 3.4: Ciclo de RBC proposto por Aamondt e Piazza.

- **Revisão:** onde revisa-se (quando necessário) e testa-se a aplicabilidade da antiga solução para resolver o novo problema;
- **Retenção:** esta é a etapa em que o sistema aprende, por armazenar todas as partes consideradas úteis do novo problema, na biblioteca de casos.

Dado um novo problema, a base de casos é pesquisada à procura de tarefas anteriores resolvidas cuja descrição seja similar à da situação atual. No entanto, essa pesquisa é realizada com base numa filosofia “tudo-ou-nada”, como por exemplo, na busca no banco de dados. A idéia é que a solução de um caso suficientemente similar ao atual poderá ser reutilizada também para sua solução.

### 3.2.4 Tipos de Recuperação de Casos

O objetivo do RBC é a reutilização de soluções conhecidas para resolver um novo problema, de solução ainda desconhecida. Em função disso, a determinação de exemplos de casos adequados, que não precisam de necessariamente ser idênticos a situação atual, é um dos problemas centrais dessa técnica [53].

A recuperação dos casos é processada através do cálculo de similaridade, que retorna um grupo de casos ou um único caso que é tido como solução para o problema atual. Portanto, a recuperação de casos adequados é uma das fases mais importantes e complexa do RBC. Os algoritmos mais simples baseiam-se no exame exaustivo das características principais, (os atributos), dos casos e recuperam o caso com o maior número de características idênticas. Outros buscam o melhor caso, utilizando-se de heurísticas para reduzir e dirigir a busca. Entre esses pode-se citar: busca serial, busca hierárquica e busca por simulação paralela [55].

Durante a recuperação é preciso realizar a comparação entre os casos contidos na base. Assim, para cada caso da base, um valor de similaridade é calculado. Este valor de similaridade indica o grau de semelhança entre o problema presente e um caso específico da base de casos. O valor de similaridade é expresso como número real entre 0.0 (nenhuma semelhança) e 1.0 (igualdade) e é calculado para cada caso na base conforme os valores dos atributos [53].

Os casos são eventualmente ordenados de acordo com a métrica ou algum critério de classificação, desta forma o caso que possui a mais forte sustentação de similaridade ao novo problema é escolhido. Dentre os principais métodos utilizados para realizar a medida de similaridade entre os casos, o presente trabalho considera: o método do vizinho mais próximo e o método da contagem de característica.

### **Métricas de Similaridade entre Casos**

O conceito de similaridade, neste contexto, representa o quão útil é um caso específico para a resolução de um problema atual. Portanto, um caso é útil ou similar para a solução de um problema, quando for necessário modificar pouco ou nada daquele caso para adaptá-lo ao problema atual [53].

A similaridade entre dois objetos recebe o nome de similaridade global em RBC. Para determinar a utilidade de um caso em relação a um determinado problema, a similaridade global entre o caso e o problema deve ser determinada.

### **Método do vizinho mais próximo (*Nearest neighbour*)**

O método do vizinho mais próximo determina a similaridade global entre um caso e um problema com base na similaridade local entre valores de um mesmo atributo e nos pesos dos diferentes atributos de um caso.

Como já mencionado, um caso possui uma série de atributos que representam o problema

e a solução obtida para a resolução do problema. Assim, entende-se por similaridade local a proximidade entre os valores de um mesmo atributo. Já os pesos dos atributos representam a importância daquele atributo para um determinado problema.

A similaridade global representada pela proximidade espacial entre um problema e um caso específico na base de casos, é determinada com a utilização de uma medida de similaridade local entre os valores dos atributos do problema e do caso, multiplicado pelo peso daquele determinado atributo. Ao final, o resultado para cada atributo é somado. Matematicamente, o método descreve-se através da Equação 3.1, [53]:

$$\text{Similaridade}(P, C) = \sum_{i=1}^n f(P_i, C_i) * W_i \quad (3.1)$$

Onde:

P é o caso de entrada (problema).

C é o caso da base.

n é o número de atributos de cada caso.

i é o i-ésimo atributo do caso.

f é a função de similaridade local para o atributo i nos casos P e C.

W é o peso dado ao atributo i.

A normalização é realizada com a divisão do valor de similaridade pela soma total dos pesos dos índices, pela Equação 4.3:

$$\text{Similaridade}(P, C) = \frac{\sum_{i=1}^n f(P_i, C_i) * W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (3.2)$$

### **Método da Contagem de Características (*Features Count*)**

Neste método o cálculo da similaridade consiste da contagem dos atributos do caso armazenado na base, que coincidem com os atributos do caso de entrada. A cada atributo i do caso armazenado na base, igual ao atributo i do caso de entrada (problema), soma-se 1, ao número de atributos coincidentes entre os dois casos. O grau de similaridade entre o caso de entrada e o caso armazenado na base é dado pelo percentual do número de atributos coincidentes entre os dois casos, em função do número de atributos considerados para a comparação destes [53].

### **Método de Recuperação por Indexação**

Para que possa encontrar casos similares na base de casos para um problema dado, temos que definir quais atributos usaremos para realizar a comparação entre um caso e a situação



presente. Estes atributos, utilizados para a determinação de casos adequados para comparação, são chamados de índices.

Os índices de um caso são a combinação de seus atributos mais importantes, que permitem distingui-lo de outros e identificar casos úteis para uma dada descrição de problema, toda a tarefa é realizada através do método de indexação [53].

Existe um variado número de métodos de indexação automática, incluindo os seguintes [49]:

- Indexação de casos por meio de entidades de Informação (EI) que tendem a ser preditivas ao longo de todo o domínio. Usando, por exemplo, técnicas da estatística exploratória;
- Indexação baseada em diferenças. Que seleciona índices que diferenciam um caso de outro;
- Método de generalização baseado em similaridade e em explicações, que produzem um conjunto apropriado de EIs como índices para casos abstratos (protótipos) a partir de casos que compartilham um conjunto comum de EIs, enquanto as EIs não compartilhadas são usadas para um segundo nível de indexação dos casos específicos;
- Método de aprendizado por indução que identificam automaticamente EIs preditivas, que são então usadas como índices.

### **3.2.5 Reutilização de Casos**

Após a recuperação de um caso considerado o mais adequado e similar, a solução utilizada por este caso é reutilizada para tentar resolver o problema atual. Durante este passo, a reutilização ocorre pela transferência de conhecimento (a descrição da solução) do caso anterior para o caso atual, ainda não solucionado [53].

A reutilização consiste principalmente da adaptação da solução do caso anterior ao caso atual. As técnicas tratadas na reutilização de casos tentam resolver os problemas envolvidos na adaptação de casos, verificando quais aspectos da situação devem ser adaptados, quais modificações devem ser realizadas para esta adaptação, que método aplicar para realizar a adaptação e como controlar este processo.

### 3.2.6 Revisão de Casos

A revisão representa a confirmação de uma solução plausível para um problema. Esta fase envolve uma avaliação da qualidade da solução construída. Reparos na nova solução podem ser feitos, utilizando-se conhecimento específico do domínio. Com a aplicação do processo de revisão, a solução que foi adaptada é validada e corrigida caso seja necessário. A revisão de casos, de acordo com Wangenheim e Wangenheim [53], consiste em duas tarefas:

- Avaliar criteriosamente a solução gerada pelo reuso. Se for considerada como correta, aprenda com o sucesso e continue com a retenção do novo caso na base de casos.
- Caso contrário, reparar a solução para o caso, utilizando conhecimento específico sobre o domínio de aplicação ou informações fornecidas pelo usuário.

### 3.2.7 Retenção de Casos

A retenção de casos é o processo de incorporação de uma nova experiência ou solução de um novo problema. O objetivo é o de constantemente atualizar e estender a base de casos. Isto permite a um sistema de RBC continuamente incrementar seu conhecimento e tornar-se um solucionador de problemas mais poderoso, com o passar do tempo de suas atualizações [53].

Após resolver um problema, um novo caso é armazenado na base de casos (ou memória de casos) para futuramente ser utilizado. Nesta fase, é preciso adotar algum critério de seletividade dos casos a serem armazenados. Podem-se armazenar, por exemplo, somente casos que resultaram em sucesso, somente os que resultaram em falha, ou ainda, casos com ambos os resultados poderão ser acrescentados à BC.

Portanto, sempre que um problema é resolvido, a nova solução pode ser retida e integrada na base de casos, tornando-a imediatamente disponível para situações futuras. Desta maneira, o conhecimento presente em um sistema de RBC é atualizado, à medida que novas experiências dão origem a novos casos armazenados (aprendidos).

Além do conhecimento específico representado pelo caso, informações sobre os processos de recuperação e adaptação que foram executadas para a geração deste novo caso também podem ser capturados, de forma a prover informações sobre o desempenho do sistema de RBC. com base nesta informação, um sistema de RBC pode ser continuamente melhorado por meio,

por exemplo, da modificação da estrutura de representação dos casos, das medidas de similaridade ou do mecanismo de adaptação de uma resposta.

### 3.2.8 Adaptação

A adaptação dos casos recuperados é então transferida para a situação presente. Se necessário, a solução recuperada é adaptada para que satisfaça completamente os requisitos da situação presente e isto corresponde a uma *reutilização com adaptações*.

Neste passo, os mais variados graus de modificação podem ser realizados, utilizando-se diferentes técnicas de adaptação, que vão desde a simples cópia da solução até adaptação realizada conforme complexas regras que refletem um modelo do domínio de aplicação do sistema de RBC em questão [53].

Para tarefas sintéticas envolvendo configuração, projeto e planejamento de solução, a natureza combinatoria do espaço de solução invalida a estratégia de força bruta da inflação da base de caso. Aqui, a adaptação inteligente de soluções encontradas torna-se essencial, e um sistema de RBC precisa ser capaz de adaptar a solução armazenada no caso encontrado na base de casos, às necessidades da situação corrente.

Essa adaptação tem um papel fundamental na flexibilidade dos sistemas de RBC, e a sua capacidade de resolver novos problemas depende de sua habilidade em adaptar casos recuperados a novas circunstâncias e em sua habilidade de consertar soluções que falham ao serem aplicadas.

A dificuldade maior surge quando tenta-se definir como realizar a adaptação. Há várias formas de se adaptar um caso isso depende, tanto de se possuir conhecimento sobre possíveis modificações válidas, como de se possuir formas de selecionar quais serão apropriadas e efetivas em uma determinada situação.

As discussões fundamentais para adaptação de casos são:

- Quais são os aspectos de uma situação (descrita por meio de um caso) que devem ser adaptados;
- Quais modificações são razoáveis de serem realizadas para adaptar o caso;
- Quais são os métodos de adaptação aplicáveis para modificar estes aspectos;

- Como controlar o processo de adaptação para saber que as modificações estão sendo realizadas no rumo certo.

Saber o que necessita ser modificado na solução proposta não é a mesma coisa que determinar quais modificações devem ser realizadas. A decisão de que partes devem se modificadas depende da facilidade da modificação de uma parte particular da solução, de quanto esta modificação vai satisfazer os requisitos, dos efeitos colaterais dessa modificação e também se possui o conhecimento para realizar tal modificação [53].

O processo de adaptação compreende duas etapas: determinar o que precisa ser adaptado e realizar a adaptação. A identificação das partes de um caso recuperado que necessita de mudança pode ser feita pela comparação entre os resultados obtidos com este caso e os que eram desejados. A diferença obtida nesta comparação irá fornecer estas partes que integra o novo caso.

Os métodos e estratégias de adaptação podem ser classificados em:

- **Substituição:** Substitui valores apropriados na nova situação a partir de valores da antiga situação;
- **Transformação:** Transformam uma antiga solução em outra adequada a nova situação;
- **Outros métodos:** Usadas para realizar alterações estruturais não cobertas por outros métodos.

Ao lado da adaptação, tem-se também a justificação e criticismo da solução, que comparam e contrastam soluções propostas com as existentes. Nesta fase, situações hipotéticas são apresentadas para a utilização da solução proposta e também podem ser feitos reparos nas soluções.

Para sistemas que tratam da resolução de problemas e não de interpretação, tem-se uma fase de avaliação que é similar a de justificação e criticismo. É nesse momento que é feito a verificação do que ocorre durante a execução de uma solução, ou mesmo após seu término.

### 3.2.9 Aprendizagem

Em um sistema RBC, raciocínio e aprendizado estão intimamente ligados. Toda vez que um problema é resolvido, a nova experiência pode ser retida e integrada numa base de casos, tornando-a imediatamente disponível para problemas futuros.

O processo de aprendizagem pode ocorrer a partir do sucesso ou do fracasso de uma solução gerada, tendo início com as saídas das subtarefas de revisão de casos: avaliação e reparo de solução. Este processo envolve a seleção das informações da descrição do novo caso e sua respectiva solução validada, que devem ser retidas, bem como estabelecer a forma de retenção, isto é, a forma de indexação do novo, visando futuras recuperações e como integrar este novo caso na estrutura da memória de casos.

A aquisição do conhecimento é a tarefa elaborada com o objetivo de extrair conhecimento especialista para ser representado em sistemas inteligentes [55]. Os Sistemas Especialistas (SE) compreendem os sistemas baseados em conhecimento que executam tarefas com ações e atitudes de um especialista [56]. As necessidades de aquisição de conhecimento em RBC são reduzidas, se comparadas com os SE, isto devido a pouca necessidade de representação do conhecimento [57].

É possível afirmar que RBC é uma metodologia tanto para raciocínio quanto para aprendizado. Para raciocínio por utilizar os caso para auxiliar na solução ou interpretação de novos problemas, e para aprendizado pela necessidade de armazenar as novas soluções ou interpretações geradas. O aprendizado torna o solucionador mais eficiente.

Um RBC guarda seu aprendizado de duas formas:

- **Através do acúmulo de novos casos:** Novos casos dão ao solucionador mais conteúdo para resolver os problemas ou avaliar situações. Um solucionador onde os casos abrangem sucessos e falhas;
- **Através da associação de novos índices:** Novos índices fazem com que o solucionador lembre dos casos em um tempo mais apropriado.

# Capítulo 4

## Desenvolvimento do Módulo de Adaptação

### 4.1 xLupa: Visão Geral do Sistema

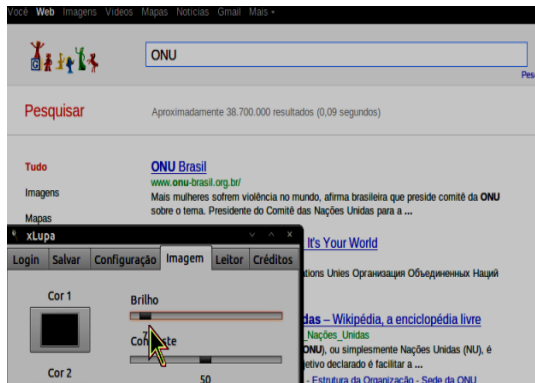
O software xLupa, é um ampliador de tela para pessoas com baixa visão, desenvolvido na Universidade Estadual do Paraná desde o final de 2003. Desde seu início ele conta com o auxílio de pessoas com baixa visão que utilizam o software em escolas, acompanhados de professores especializados na área.

Não é apenas a ampliação da imagem que o software realiza, mas uma série de tratamentos que visam melhorar a imagem final apresentada ao usuário. É possível, por exemplo, definir, além do fator da ampliação da imagem, ajustes de brilho, contrastes, limiarização e divisão da imagem em duas cores. Agregado a estas funcionalidades esta o leitor de tela, que auxilia os usuários a navegar na sua área de trabalho através da descrição por voz dos componentes com que ele está interagindo. A Figura 4.1 mostra alguns algoritmos que podem ser aplicados a tela do usuário.

Uma grande parte das opções de tratamento de imagem surgiram nos últimos anos advindos dos grupos que trabalham com o xLupa nas escolas. Conforme a possibilidade de combinações dos atributos possíveis, a imagem aumenta exponencialmente, o que pode comprometer a configuração da ferramenta por um usuário iniciante.

Surgiu então, como proposta do grupo de trabalho, a idéia de auxiliar o usuário a configurar o xLupa quando ele fosse usar o software nas primeiras vezes, com a possibilidade de salvar o perfil para a recuperação na próxima vez que ele entrar no xLupa. Para tal, foi utilizado a técnica de Raciocínio Baseado em Casos da IA, idealizando que o sistema se adapte ao perfil do usuário com baixa visão ou visão subnormal e antecipe uma configuração para os usuário

iniciantes. Este módulo é chamado de adaptador RBC.



(a) Diminuição de brilho



(b) Aumento do contraste



(c) Escala de Cinza



(d) Limiarização

Figura 4.1: Demonstração da Alteração do Brilho no xLupa.

A Figura 4.2 mostra a funcionalidade de ampliação associado a ativação do mouse em cruz. É apresentado também a ampliação com fator 2, que representa duas vezes o tamanho da tela original.



(a) Fator de Ampliação 2.

(b) Mouse Cruz Ativado.

Figura 4.2: Demonstração da Ampliação e Mouse Cruz Ativado.

A Figura 4.3 mostra uma visão macro da comunicação do RBC com o restante da aplicação. Ao entrar no xLupa, o módulo RBC é acionado e retorna um caso com base no fator de ampliação e cor previamente escolhidos (como será apresentado a seguir). Além disso, é possível a qualquer momento salvar ou recuperar o perfil do usuário na base de dados.

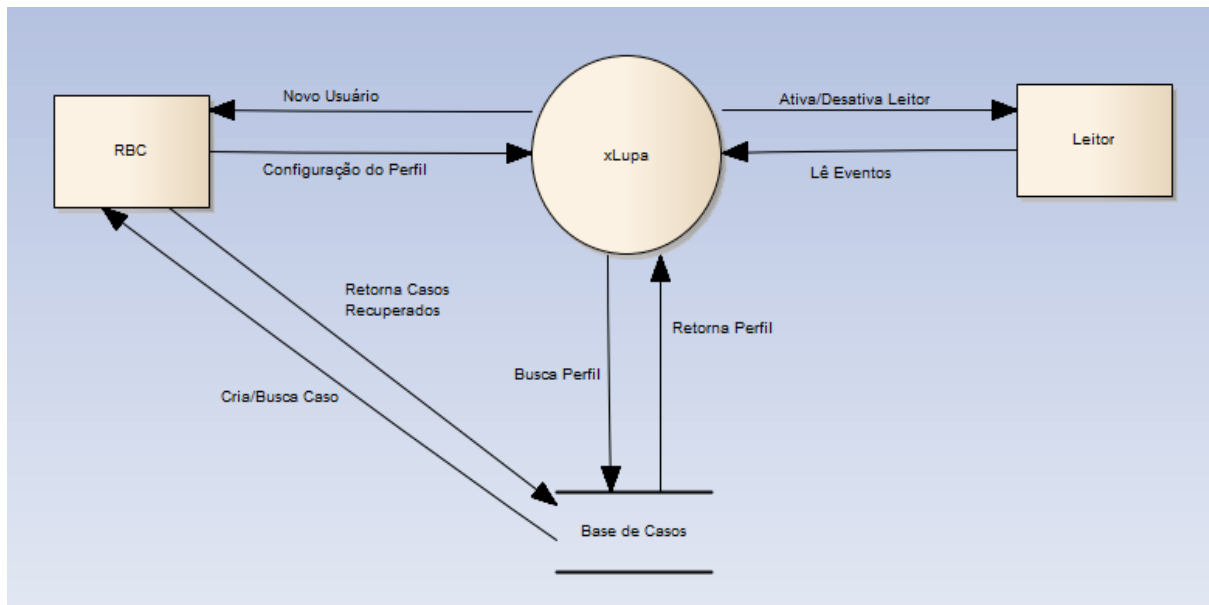


Figura 4.3: Interação do xLupa com seus dois módulos: Leitor e Adaptador.

As variáveis do sistema que serão utilizadas nas próximas seções podem ser conferidas na Tabela 4.1. Nela são mostrados os nomes dos atributos e o valor que eles podem assumir. O atributo “Fator de ampliação” possui valores de 1 a 30 intervalados em 0.25 (1.00, 1.25, 1.50,...



29.50, 29.75. 30.00). A interpolação pode assumir quatro valores diferentes: Vizinho Mais Próximo (VMP), Tiles (TL), Bilinear (BL) e Hiperbólica (HP). As cores possuem um de cinco valores possíveis: B (Branco), P (Preto), A (Azul), Vd (Verde) e Vm (Vermelho).

Tabela 4.1: Tabela dos valores padrões dos atributos do sistema.

<b>Variáveis do Sistema</b>		
Fator de Ampliação	=	1..30, intervalo = 0.25
Cor de Fundo	=	B, P, A, Vd, Vm
Cor de Fonte	=	B, P, A, Vd, Vm
Interpolação	=	VMP, TL, BL, HP
Mouse Cruz	=	Sim, Não
Cinza	=	Sim, Não
Brilho	=	0..100
Contraste	=	0..100
Largura da Faixa	=	0..30
Voz Habilitada	=	Sim, Não
Velocidade da Voz	=	0..100
Tema	=	Sim, Não
Limiar	=	0..100
Habilitar Cores	=	Sim, Não

## 4.2 xLupa : Escolha dos parâmetros iniciais

Quando o usuário executa o xLupa, ele é questionado sobre o fator de ampliação e a cor de fundo desejada, parâmetros estes que irão ser usados na recuperação de casos do módulo adaptador. Inicialmente, é apresentada uma tela que mostra a palavra “xLupa” com diferentes fatores de ampliação (Figura 4.4), onde o usuário deve escolher aquele que é compatível com sua acuidade visual.

Após, são mostradas cinco opções de cores de fundo (Figura 4.5), onde o usuário pode escolher uma delas de acordo com o conforto visual provocado por cada uma.

## 4.3 Funcionamento do Módulo Adaptador

O principal trabalho ao se produzir um sistema RBC, é tentar extrair de um domínio de problema, feições que possam ser relevantes para caracterizar um caso, por estarem representando uma situação diferente. Assim, este módulo é composto pelos seguintes componentes:

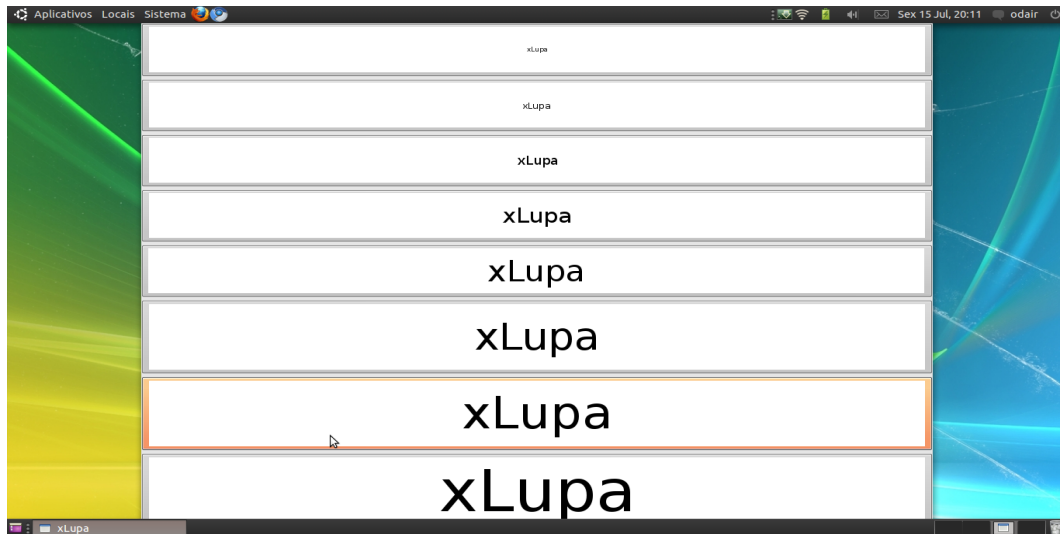


Figura 4.4: Tela de captura do fator de ampliação.

representação do conhecimento, recuperação dos casos, medida de similaridade, adaptação e aprendizagem.



Figura 4.5: Tela de captura da cor de fundo.

### 4.3.1 Representação do Conhecimento

Um dos aspectos mais importante de um sistema RBC é a maneira como os seus casos são representados. Conforme [48], um RBC é altamente dependente da estrutura e conteúdo da sua coleção de casos.

Os problemas são representados por uma série de atributos, esses atributos fazem a representação de um caso, quando o perfil de um usuário é identificado, este passará a ser denominado como “caso de entrada”.

No xLupa, o conhecimento está relacionado com as escolhas dos usuários durante o uso do software. É através dele que uma solução é encontrada para o problema dado. O problema é formulado quando o usuário entra no sistema e escolhe o fator de ampliação e a cor de fundo. Tendo esses parâmetros, cabe ao módulo RBC encontrar um caso que resolva o problema.

A estrutura apresentada para a representação dos casos no módulo de adaptabilidade, é definida por um conjunto de atributos e valores, que descrevem as características dos casos de maneira intuitiva e aborda a utilização de dois componentes básicos: a descrição do problema, que nesse módulo é a configuração, e a descrição da solução, que é aplicar os atributos do caso como configuração de ambiente. A estrutura de um caso é mostra na Tabela 4.3, em que ao lado de cada atributo estão os valores que os mesmos podem assumir.

Tabela 4.2: Representação de um caso.

<b>Configuração</b>		
<b>Atributo</b>		<b>Valor</b>
Fator de Ampliação	:	5
Cor de Fundo	:	verde
Brilho	:	55
Contraste	:	48
Velocidade da Voz	:	170
Limiar	:	128
<b>Solução</b>		
<b>Ação</b>	:	Aplicar caso 7
<b>Número de vezes Aplicação</b>	:	12
<b>Número de Sucessos</b>	:	4

Um caso, consiste na solução dele mais um conjunto de atributos que ajudem a função  $f$  a decidir quando um caso é melhor que o outro. Esses atributos são o número de sucessos do caso e o número de vezes que o caso foi aplicado. Enquanto o primeiro leva em conta o estado atual do caso em uso, ou seja, quantos usuários estão usando este caso, o segundo esta relacionado ao histórico do caso, contém a informação do total de usuários, que pelo menos uma vez, utilizou o caso. A razão entre essas dois valores (sucessos/vezes aplicado) é a taxa de sucesso que influenciara na escolha dos casos.

A Figura 4.6 mostra a formulação Problema-Solução. O algoritmo de RBC para a recuperação de casos consiste na função  $f$  que, dado um problema encontra uma solução.

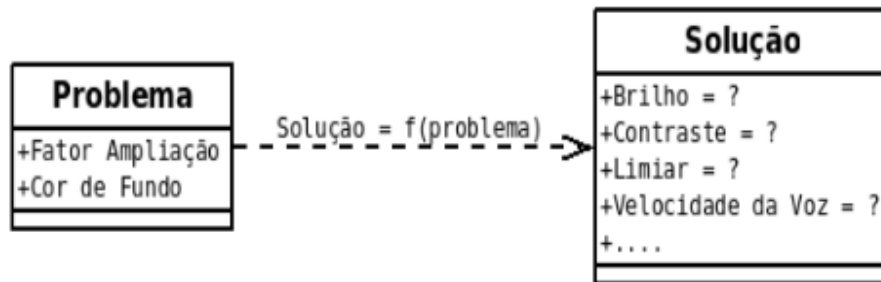


Figura 4.6: Formulação Problema-Solução.

Para diminuir a quantidade de casos diferentes na base de casos e aumentar o número de sucessos dos casos, os atributos brilho, contraste, limiar e velocidade da voz, que são atributos com grande variação, foram divididos em faixas de tamanho 20, obtendo 5 faixas. Assim, por exemplo, um brilho igual a 61 é considerado igual a um brilho igual a 67 para um caso. Se para cada atributo diferente houvesse um novo caso, haveria um aumento do número de casos diferentes na base de casos com o número de sucessos parecidos, o que diminuiria o desempenho do RBC em retornar soluções.

Para cada faixa é calculado um valor médio inicial de cada atributo, através da Equação 4.1, para quando a base de conhecimento não tiver nenhum usuário salvo. Essa base é iniciada conforme mostra a Figura 4.3.

$$M = \frac{(MIN + MAX)}{2} \quad (4.1)$$

Onde:

$MAX$  = é o valor máximo possível para a variável.

$MIN$  = é o valor mínimo possível para a variável.

Nesse sistema a solução é expressa em uma derivação do problema através dos seus atributos, que no caso de semelhança entre os casos, executa a ação e aplica o caso com a configuração das preferências do usuário.

Tabela 4.3: Tabela das variáveis e valores do RBC - Vocabulário.

<b>Brilho</b>	<b>Faixa de Valores</b>		<b>Valores Padrão</b>
Faixa 1	0	20	10
Faixa 2	21	40	30
Faixa 3	41	60	50
Faixa 4	61	80	70
Faixa 5	81	100	90

<b>Contraste</b>	<b>Faixa de Valores</b>		<b>Valores Padrão</b>
Faixa 1	0	20	10
Faixa 2	21	40	30
Faixa 3	41	60	50
Faixa 4	61	80	70
Faixa 5	81	100	90

<b>Limiar</b>	<b>Faixa de Valores</b>		<b>Valores Padrão</b>
Faixa 1	0	20	10
Faixa 2	21	40	30
Faixa 3	41	60	50
Faixa 4	61	80	70
Faixa 5	81	100	90

<b>Velocidade da Voz</b>	<b>Faixa de Valores</b>		<b>Valores Padrão</b>
Faixa 1	80	140	110
Faixa 2	141	200	170
Faixa 3	201	260	230
Faixa 4	261	330	290
Faixa 5	321	370	350

### 4.3.2 Recuperação dos Casos Candidatos a Solução

#### Indexação

A indexação de casos é feita a partir de um conjunto de características que representam um caso. A função da indexação é orientar a avaliação da similaridade dos casos da base. Os índices representam uma interpretação da situação, a maneira como alguém pensa sobre determinada situação e a circunstância na qual ela ou ele querem lembrar o fato [49].

As informações são indexadas para que possam ser, de maneira mais fácil, recuperadas da base de casos. A indexação é a essência do RBC, que determina o que comparar entre os casos

para determinar sua similaridade. Além de usar índices com os objetivos de facilidade e rapidez na recuperação, o RBC também é usado para realizar eficientemente a atribuição de similaridade entre os casos.

Nesse trabalho, os atributos mais importantes são o fator de ampliação e a cor de fundo escolhida pelo usuário. Esses atributos são considerados como índices para a recuperação dos casos candidatos para serem aplicados como configuração do ambiente.

Após a captura do fator de ampliação e a cor de fundo, já é possível passar os valores para a estrutura caso do sistema. A recuperação dos casos candidatos, é efetuada através da execução de um comando SQL, que retorna do banco de dados apenas os casos que tenha a mesma combinação de valores. A partir desse ponto, obtém-se uma determinada quantidade de casos candidatos que foram recuperados.

Se o número de casos recuperados for igual a um, então é executado o processo de adaptação e aplicação do caso, mas se o número de caso for superior a 1, deve-se executar um refinamento no casos para obtenção do melhor caso.

### **O Caso mais Similar**

Após o xLupa passar os parâmetro “Fator de Ampliação” e “Cor de fundo” eles são indexados em uma estrutura. O RBC inicia a etapa de recuperação do caso mais similar, levando em conta que esse processo tem como objetivo encontrar um caso tão similar que seja possível reutilizar sua solução para resolver um problema (caso de entrada) novo. Dentro do módulo, esse processo ocorre com o objetivo de apresentar uma configuração da ferramenta para o usuário, retornando para o perfil do usuário uma sugestão de configuração, que no xLupa chama-se variáveis e dentro do módulo adaptador denominado atributos do caso.

Para que seja possível realizar o processo de recuperação, é necessário algum tipo de cálculo que compare a similaridade entre os casos e o problema. A solução retornada é aquele que apresenta o maior grau de similaridade problema-solução, ou seja, a que melhor resolve o problema. Desta maneira, a abordagem adotada neste trabalho utiliza a técnica do vizinho mais próximo, que requer a similaridade local e à distribuição de pesos entre os diferentes atributos.

A Tabela 4.4, apresenta a similaridade local entre os atributos fator de ampliação dos casos em comparação, partindo da idéia que eles são as variáveis indexadoras, somente interessa para

o processo os casos que realmente são iguais ao caso de entrada. O mesmo cenário acontece com a similaridade local do atributo cor, apresentado na Tabela 4.5.

Tabela 4.4: Similaridade local do atributo fator de ampliação

<b>Fator de Ampliação</b>								
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>2</b>	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>3</b>	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>4</b>	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>5</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
<b>6</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
<b>7</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
<b>8</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0

Tabela 4.5: Similaridade local do atributo cor

<b>Cor de Fundo</b>					
	<b>Vermelho</b>	<b>Verde</b>	<b>Azul</b>	<b>Preto</b>	<b>Branco</b>
<b>Vermelho</b>	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Verde</b>	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
<b>Azul</b>	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
<b>Preto</b>	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
<b>Branco</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0

A similaridade local dos atributos brilho, contraste, limiar e velocidade da voz, se dá através de valores numéricos, que indica quanto próximo está a faixa do caso recuperado para a faixa do caso novo. Esses atributos estão pré-definidos na Tabela 4.6, que representa a similaridade local entre os valores destes atributos.

Tabela 4.6: Similaridade local dos atributos (brilho, contraste, limiar e velocidade da voz)

<b>Similaridade local</b>					
	<b>Faixa 1</b>	<b>Faixa 2</b>	<b>Faixa 3</b>	<b>Faixa 4</b>	<b>Faixa 5</b>
<b>Faixa 1</b>	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Faixa 2</b>	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
<b>Faixa 3</b>	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
<b>Faixa 4</b>	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
<b>Faixa 5</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0

A similaridade global entre dois casos é calculada em função da similaridade local de cada atributo e seus respectivos pesos. O caso que possuir o maior valor de similaridade será o mais

similar. A Tabela 4.7 mostra os pesos que cada atributo, para a definição desse pesos levou-se em consideração a sua importância e o impacto mediante a sua variação como resultado para o usuário final, já Tabela 4.8 apresenta o código das cores.

Tabela 4.7: Representação dos Pesos de cada atributo.

<b>Atributo</b>	<b>Peso</b>
Fator de Ampliação	5
Cor de Fundo	5
Brilho	2
Contraste	2
Velocidade da Voz	1
Limiar	1

Tabela 4.8: Codificação das Cores

<b>Cor</b>	<b>Código</b>
1	Verde
2	Azul
3	Vermelho
4	Preto
5	Branco

Para exemplificar melhor o processo descrito considera-se um caso novo, que tem como preferência o fator de ampliação igual a 2 e cor de fundo vermelho, então o sistema deve apresentar a melhor configuração para o usuário. O adaptador irá filtrar essas informações mostrando resultado rápido e eficazes, e receberá as melhores configurações que até o momento estão na base de conhecimento.

Uma pré análise é feita com intuito de identificar a que faixa pertence os valores dos atributos, a título de exemplo, o valor 65 do novo caso referente ao brilho pertence a faixa 4.

Considerando todos os atributos com seus respectivos pesos, a comparação entre os casos é realizada utilizando a técnica do vizinho mais próximo, expressada pela Equação 4.3. É feita a comparação dos casos, com as informações já armazenadas em um banco de dados, tendo como resultado o valor da similaridade. Fazendo uma simulação nesse processo, tem-se como casos recuperados o caso 1, caso 2 e caso 3 como é apresentado na Tabela 4.9 e o novo caso.



Tabela 4.9: Casos Recuperados e Novo Caso

<b>Caso 1</b>		<b>Caso 2</b>	
<b>Atributo</b>	<b>Valor</b>	<b>Atributo</b>	<b>Valor</b>
Fator de Ampliação	: 2	Fator de Ampliação	: 2
Cor de Fundo	: 3	Cor de Fundo	: 3
Brilho	: 38	Brilho	: 45
Contraste	: 64	Contraste	: 69
Velocidade da Voz	: 56	Velocidade da Voz	: 79
Limiar	: 170	Limiar	: 212
<b>Solução</b>		<b>Solução</b>	
<b>Ação</b>	: Aplicar caso 7	<b>Ação</b>	: Aplicar caso 7
<b>N. Aplicação</b>	: 12	<b>N. Aplicação</b>	: 7
<b>N. Sucessos</b>	: 4	<b>N. Sucessos</b>	: 4

(a) Caso 1

(b) Caso 2

<b>Caso 3</b>		<b>Caso Novo</b>	
<b>Atributo</b>	<b>Valor</b>	<b>Atributo</b>	<b>Valor</b>
Fator de Ampliação	: 2	Fator de Ampliação	: 2
Cor de Fundo	: 3	Cor de Fundo	: 3
Brilho	: 30	Brilho	: 65
Contraste	: 50	Contraste	: 50
Velocidade da Voz	: 79	Velocidade da Voz	: 80
Limiar	: 212	Limiar	: 234
<b>Solução</b>		<b>Solução</b>	
<b>Ação</b>	: Aplicar caso 7	<b>Ação</b>	: Aplicar caso x
<b>N. Aplicação</b>	: 5	<b>N. Aplicação</b>	:
<b>N. Sucessos</b>	: 3	<b>N. Sucessos</b>	:

(c) Caso 3

(d) Novo Caso

$$\text{Similaridade}(P, C) = \frac{\sum_{i=1}^n (f(P_i, C_i) * W_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (4.2)$$

#### **Caso Novo - Caso 1**

$$\text{Similaridade}(P, C) = \frac{((5 * 1) + (5 * 1) + (2 * 0) + (2 * 0) + (1 * 0) + (1 * 0))}{5 + 5 + 2 + 2 + 1 + 1} = \frac{10}{16} = \mathbf{0,62}$$

#### **Caso Novo - Caso 2**

$$\text{Similaridade}(P, C) = \frac{((5 * 1) + (5 * 1) + (2 * 0) + (2 * 0) + (1 * 1) + (1 * 0))}{5 + 5 + 2 + 2 + 1 + 1} = \frac{11}{16} = \mathbf{0,68}$$

#### **Caso Novo - Caso 3**

$$\text{Similaridade}(P, C) = \frac{((5 * 1) + (5 * 1) + (2 * 0) + (2 * 1) + (1 * 0) + (1 * 0))}{5 + 5 + 2 + 2 + 1 + 1} = \frac{12}{16} = \mathbf{0,75}$$

O caso 3 é o mais semelhante, pois é o que mais se aproxima de 1. As configurações informadas pelo caso novo se adaptam melhor as configurações do caso 3 e os valores dos atributos do caso 3 serão reutilizados para o perfil do usuário que gerou o caso novo.

Note-se que o grau de similaridade global pode ser igual entre dois ou mais casos. Esse problema é solucionado através da taxa de sucesso do caso, que é a razão do número de sucesso pelo número de vezes em que o caso foi aplicado. Outra circunstancia possível é a do caso mais similar não ser totalmente igual ao caso novo, portanto o caso é adaptado, essa etapa é discutida a seguir.

### **4.3.3 A Adaptação dos Casos e Reutilização**

O processo de reutilização de um caso consiste em analisar as decisões tomadas pelo caso recuperado para resolver um caso de entrada. As decisões tomadas dependem do nível de interação do xLupa, usuário e do módulo de adaptação. Isto é, em situações onde a configuração escolhida pelo usuário e o caso de entrada são completamente similares ao caso recuperado e o módulo adaptador passa para o xLupa os valores dos atributos, apenas executa a decisão tomada pelo caso recuperado, sem necessidade de realizar processamento algum.

O módulo adaptador do xLupa possui a capacidade de resolver novos problemas, isso depende da habilidade em adaptar os casos recuperados a novas circunstância. A adaptação do

caso mais similar ocorre através da execução da transformação seguida da substituição dos valores dos atributos.

A adaptação ocorre a partir da seleção do caso mais similar e do caso formado pela opção do usuário, do qual obtém-se os valores dos atributos. Os novos valores dos atributos do caso são calculados, pela Equação 4.5.

$$NovoValor_i(VP, VA) = \frac{VA * N + VP}{N + 1} \quad (4.3)$$

Onde:

VP é o valor do atributo do caso de entrada (valor pretendido).

VA é o valor do atributo recuperado da base de caso.

N é o número de vezes que o caso teve sucesso.

i é o iésimo atributo do caso.

Como a base de casos tem um valor padrão inicial para cada faixa, como por exemplo, a faixa 3 tem como padrão para o atributo brilho o valor 50, conforme os usuários vão salvando seus perfis, onde cada perfil é associado a um caso, esse valor vai se ajustando, de forma que quando atingir um determinado número de pessoas o valor vai tendo uma variação pequena.

Exemplificando a situação: Em um caso recuperado como mais similar, obteve-se que o valor do atributo brilho era de 58 com um número de 12 sucessos e o valor do caso atual para o atributo brilho é de 44. Aplicando a Equação 4.5, temos:

$$NovoValor_i(44, 58) = \frac{58 * 12 + 44}{12 + 1} \quad (4.4)$$

$$NovoValor_i(44, 58) = 56,9 \quad (4.5)$$

Sendo assim, o novo valor do atributo brilho, na base de caso é 56. Esse novo valor é armazenado por meio do comando *UPDATE* da SQL.

#### 4.3.4 Aprendizagem - Modelagem e Descrição do Banco de Dados

A base de casos consiste na coleção de casos que representa a base de conhecimento de um sistema de RBC. A memória compreende a base de casos e os mecanismos de acesso dessa base a outros módulos da arquitetura do sistema [49].

Dentro do escopo de RBC, ao tratarmos de modelagem de memória existem dois aspectos que precisamos focar separadamente. O primeiro trata-se do tipo de filosofia de representação que um dado sistema simula, que pode ser, entre outros, memória episódica ou memória dinâmica. O segundo, utilizado quando pretende-se um enfoque de implementação (redes semânticas), a modelagem da memória trata da estrutura da organização adotada para os casos [58].

Em RBC os banco de dados são projetados para realizar correspondências exatas entre consultas e informação armazenadas, e o objetivo de um sistema de RBC é justamente realizar acessos com base em correspondências inexatas [51].

A utilização de um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) é para o armazenamento estruturado e a recuperação baseada em consultas de grande quantidades de informações. As maiores vantagens dos SGBDs são a sua capacidade de relacionar conjuntos de itens e de acessar rapidamente grandes quantidades de dados [53].

O SGBD utilizado nas versão anteriores do xLupa era o MySQL, que é um sistema gerenciador de banco de dados completo com muitas restrições de segurança, o que causava um desconforto por parte dos usuários que tinham que instalar o SGBD e fazer a configuração das senhas de administrador do SGBD e da base, o problema maior era quando o usuário não era o administrador do computador, por exemplo em um laboratório, acarretando a não autonomia dos usuários.

Com relação a escolha do SGBD, para a elaboração desse trabalho, optou-se pelo SQLite, que funciona como um “mini-SGBD”, capaz de criar um arquivo em disco e ler e escrever diretamente sobre este arquivo. O arquivo criado possui a extensão “.db” e é capaz de manter diversas tabelas. Uma tabela é criada com o uso do comando CREATE TABLE da linguagem SQL. Os dados das tabelas são manipulados através de comandos DML (INSERT, UPDATE e DELETE) e são consultados com o uso do comando SELECT.

A seguir são apresentadas algumas características da biblioteca SQLite [59]:

- Software gratuito, multiplataforma, desenvolvido em C padrão (ANSI).
- BD localmente (junto com a aplicação), em um único arquivo que possui a extensão “.db”.
- A base de dados pode ter tamanho superior a 2 terabytes.
- Não necessita de instalação, configuração ou de administração.
- Suporta a maior parte da SQL 92.
- Suporta o uso de transações (*COMMIT / ROLLBACK*).
- Muito fácil de usar se estiver programando em C / C++.
- Não oferece integridade referencial (chaves estrangeiras).
- Principais aplicações: programas locais, sites web, substituto de banco de dados em aulas ou demonstrações, substitui arquivos texto ou arquivos proprietários.
- Não deve ser usado nos seguintes casos: aplicações de alta concorrência e sistemas ou aplicações web de porte muito grande.

Com o objetivo de construir um banco de dados simples e focando na minimização das atividades referentes as dificuldades na configuração e problemas encontrados pelos usuário na instalação, com o SQLite isso pode ser garantido, uma vez que a segurança do xLupa não é um ponto essencial. Essa biblioteca proporciona fazer a agregação das funcionalidades, além do gerenciamento dos usuários e autenticação o armazenamento dos casos utilizados pelo RBC.

O Modelo Entidade-Relacionamento (MER) é bastante simples, conforme apresentado na Figura 4.7, contendo três tabelas, a tabela “Usuário” armazena os dados referente ao gerenciamento e autenticação dos usuários, já a tabela “Preferência” contém os valores das variáveis de ambiente do sistema e a tabela “Caso” é utilizada no RBC.

## 4.4 Ciclo de Processo do Adaptador no xLupa

O ciclo de processamento inicia quando o usuário escolhe o fator de ampliação e a cor de fundo, a partir desse momento o xLupa ativa o módulo adaptador que faz o monitoramento das configurações até que o usuário salve o seu perfil. Ao salvar o perfil do usuário o sistema vincula o perfil a um caso.

Para que seja possível fazer a análise do comportamento do adaptador, foi necessário manter dois atributos na base de conhecimento, um contendo o número de vezes que o caso foi aplicado, esse atributo somente é incrementado e o número de vezes que o caso obteve sucesso, que

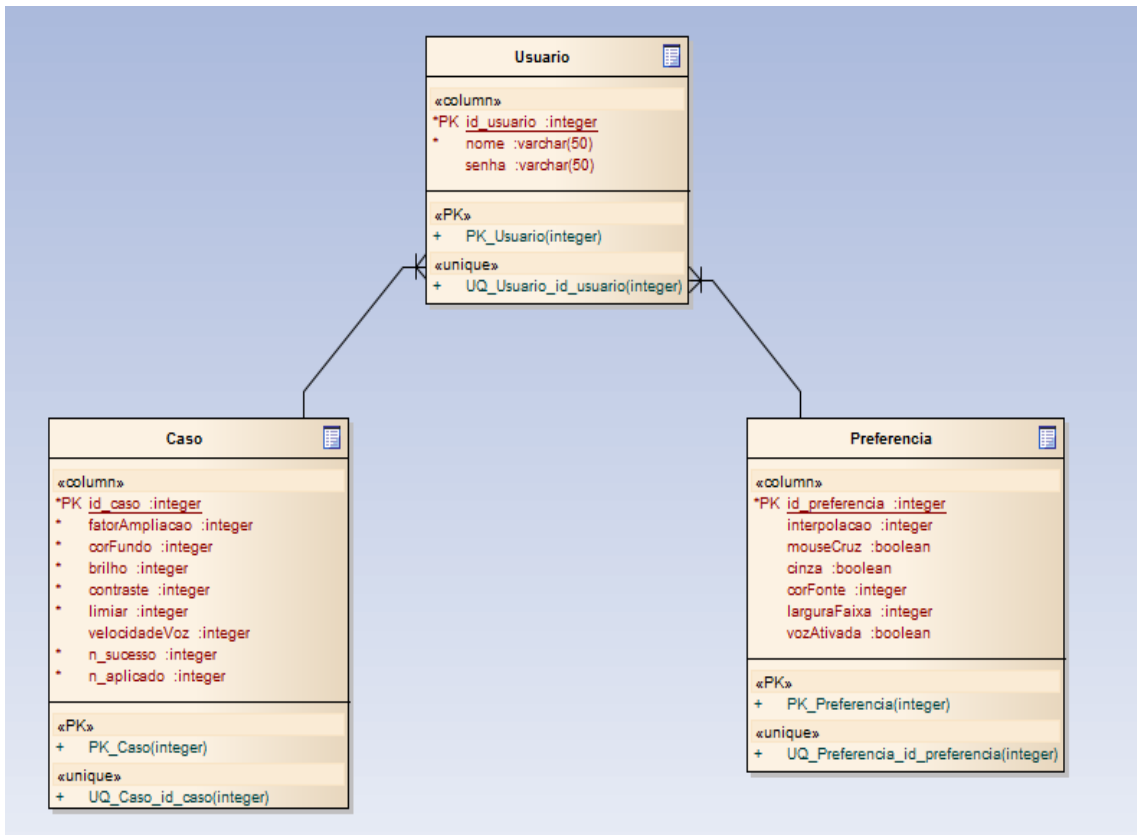


Figura 4.7: Modelo Entidade-Relacionamento do xLupa.

é implícito o número de perfis que estão vinculado ao caso atualmente. Se o usuário fizer a atualização em seu perfil que gere a mudança para outro caso, o antigo caso que o perfil pertença é decrementado e o caso atual é incrementado como aplicado e com sucesso.

Na preparação da estrutura o adaptador recebe as duas variáveis e fica rastreando as demais. Os atributos índices são indexados na estrutura caso, como mostra na Figura 4.8. No passo 3 do diagrama é realizada a busca dos casos com índices iguais, obtendo assim os N casos recuperados. que então, a partir dessa fase, calcula-se a similaridade dos casos recuperados em relação ao caso em evidência, o resultado dessa operação é o melhor caso.

O caso mais similar contém os valores a serem retornados para o ambiente xLupa, antes passando pela adaptação e revisão do caso, que já foram detalhadas nesse capítulo.

O melhor caso para reutilização, passa pela etapa de adaptação e revisão do caso. A aplicação do caso é estabelecido através do retorno dos valores dos atributos para o ambiente xLupa, é nessa fase que a base de conhecimento é ampliada com a inserção de novos casos na base de

conhecimento.

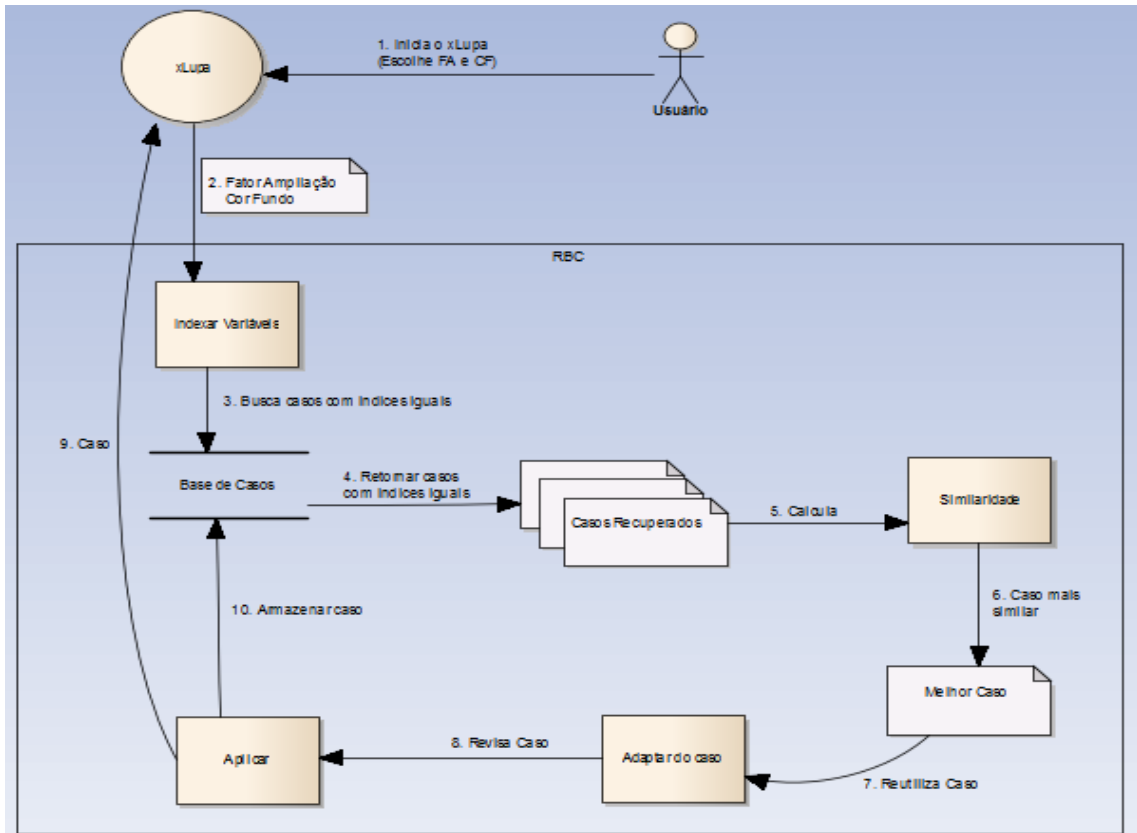


Figura 4.8: Ciclo de processo do RBC no xLupa.

# Capítulo 5

## Conclusão

Este capítulo discute os resultados obtidos no desenvolvimento deste trabalho, e apresenta algumas considerações finais, levando em conta as melhorias no módulo adaptador atual e trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos a partir deste.

### 5.1 Considerações Finais

Com o aprofundamento dos conhecimentos da técnica de IA apresentada neste trabalho, foi possível compreender melhor as características e vantagens da utilização de IA em TAs. Para o projeto e implementação do módulo de adaptação proposto, essa aplicação no desenvolvimento do módulo adaptador, proporcionou a melhoria na eficiência da aplicação das funcionalidades tratadas, enriquecendo o processo.

Embora o módulo implementado possua apenas alguns atributos dos possíveis do modelo geral, pode-se perceber que o sistema engloba todos os objetivos previstos, como antecipar uma configuração do sistema para os usuários iniciantes, ampliando os recursos de acessibilidade, usabilidade e adaptabilidade da ferramenta.

A metodologia de RBC pode ser utilizada com benefícios, pois tem relativa facilidade de implementação, capacidade de aprendizagem e flexibilidade de se adaptar entre problemas diversos.

Como resultados obtidos, pode-se mencionar a implementação de um módulo que contempla os recursos de adaptação do sistema ao perfil do usuário. Dentre estes recursos esta a antecipação ao usuário de uma configuração. Além de guiar os usuários iniciante nas escolhas dos atributos do xLupa, é possível armazenar perfis de diferentes usuários, que podem ser recupera-



dos ao reiniciar suas sessões de uso da ferramenta.

## 5.2 Perspectivas

Como trabalhos futuros, planeja-se realizar algumas modificações na implementação atual, como ampliar o conjunto de variáveis controlado pelo módulo adaptador.

A técnica RBC necessita de uma quantidade considerável de casos em sua base para poder dar respostas satisfatórias aos usuários. Dependendo do local onde o ampliador xLupa é utilizado a quantidade de usuários ficam restritos a um número pequeno de casos. Recomenda-se, a implementação de uma base de casos remota, como módulo servidor, onde se concentrem todos os casos de todos os usuários do xLupa (aqueles que possuem acesso a internet), como ilustra o esquema da Figura 5.1, uma nova infraestrutura para a persistência e acesso ao banco de dados.

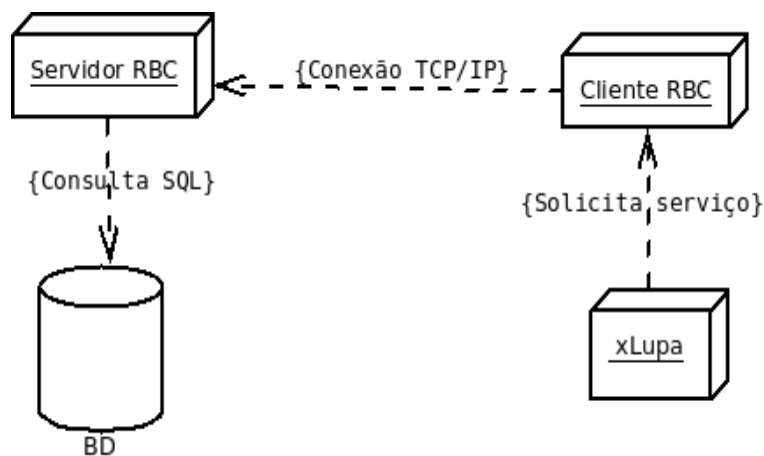


Figura 5.1: Esquema de infraestrutura de TI.

Um estudo de caso com *frameworks* de Raciocínio Baseado em Casos também pode ser feito, comparando a solução atual com esta nova solução, incluindo dificuldade e benefícios no uso dos *frameworks*, a exemplo de jCOLIBRI2 <sup>1</sup>, e do plugin myCBR2 <sup>2</sup>.

<sup>1</sup>jCOLIBRI2 - <http://gaia.fdi.ucm.es/projects/jcolibri/>

<sup>2</sup>myCBR - <http://mycbr-project.net/>

## Referências Bibliográficas

- [1] SARTORETTO, M. L.; BERSCH, R. *O que é Tecnologia Assistiva?* Consultado na Internet em: 09/05/2011. Disponível em: <<http://www.assistiva.com.br/tassistiva.html>>.
- [2] OMS. Resolução cd47.r1. prevenção da deficiência e reabilitação no contexto do direito ao mais alto nível possível de saúde física e mental e outros direitos conexos. In: *47.o CONSEJO DIRECTIVO*. Washington, D.C., EUA: Organização Mundial da Saúde, 2006. p. 1.
- [3] IBGE. *Censo Demográfico 2000*. 2003. Consultado na Internet em: 25/05/2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/27062003censo.shtm>>.
- [4] NICHOLL, A. O ambiente que promove a inclusão: Conceitos de acessibilidade e usabilidade. *Revista Assentamentos Humanos*, Marília, SP, v. 3, n. 2, p. 49–60, 2001.
- [5] MPDFT. *NBR 9050: Acessibilidade de Pessoas Portadoras de Deficiências a Edificações, Espaço, Mobiliário e Equipamento Urbanos*. Consultado na Internet em: 07/07/2011. Disponível em: <<http://www.mpdft.gov.br/sicorde/NBR9050-31052004.pdf>>.
- [6] GODINHO, F. *Internet para Necessidades Especiais*. Consultado na Internet em: 16/03/2011. Disponível em: <<http://www.acessibilidade.net/>>.
- [7] KAMINSKI, O. *A Internet e o ciberespaço*. Consultado na Internet em: Setembro de 2011. Disponível em: <http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=1770>,.
- [8] ACESSIBILIDADE, A. *Ação Brasileira para a Acessibilidade*. Consultado na Internet em: 04/05/2011. Disponível em: <<http://www.acessibilidade.org.br/acessibilidade.htm>>.
- [9] PASSERINO, L. M.; MONTARDO, S. P.; BEZ, M. R. Acessibilidade digital em sites de publicação de blogs e em blogs: limites e possibilidades para socialização on-line de pessoas

- com necessidades especiais (pne). In: *XXX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação*. Santos, SP: [s.n.], 2007.
- [10] LIMA, C. R. U. de; SANTAROSA, L. M. C. Acessibilidade tecnológica e pedagógica na apropriação das tecnologias de informação e comunicação por pessoas com necessidades educacionais especiais. In: *XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Rio de Janeiro, SP: NCE-UFRJ, 2003. p. 415–424.
- [11] GALESKY, C. J. *XAS: Uma Arquitetura para Suporte à Acessibilidade Computacional*. Dissertação (Monografia de fim de curso) — UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR, Novembro 2008.
- [12] COOK, A. M.; HUSSEY, S. M. *Assistive Technologies: Principles and Practice*. 2. ed. Saint Louis: Elsevier Science Health Science, 2002.
- [13] HARRIS, S. E. A. *Disability, Equality and Human Rights: A Training Manual for Development and Humanitarian Organisations*. [S.l.]: Oxford: Publicação da Oxfam em cooperação com Action Aid on Disability and Development (ADD), 2003.
- [14] BERSCH, R. *Introdução à Tecnologia Assistiva*. [S.l.]: CEDI - Centro Especializado em Desenvolvimento Infantil, 2008. Apostila.
- [15] FILHO, T. A. G. A tecnologia assistiva: de que se trata? In: *Conexões: educação, comunicação, inclusão e interculturalidade*. Porto Alegre, RS: Redes Editora, 2009. p. 207–235.
- [16] POLGAR, J. M. *Assistive Technologies: Principles and Practices*. 2. ed. St. Louis - Estados Unidos: Mosby, 2001.
- [17] BERSCH, R.; SCHIRMER, C. Tecnologia assistiva no processo educacional. In: *Ensaio Pedagógicos: Construindo Escolas Inclusivas*. Brasília, DF: Ministério da Educação - Secretaria de Educação Especial, 2005. p. 87–92.
- [18] BRASIL. *DECRETO nº 3.298/1999*. Consultado na Internet em: 13/07/2011. Disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/23/1999/3298.htm>>.
- [19] LÉVY, P. *Cibercultura*. São Paulo, SP: Ed. 34, 1999.

- [20] SALES, M. B. de; CYBIS, W. de A. Desenvolvimento de um checklist para a avaliação de acessibilidade da web para usuários idosos. In: *CLHHC '03*. Nova Iorque - Estados Unidos: ACM, 2003.
- [21] NEVILE, L. Adaptability and accessibility: a new framework. In: *OZCHI '05*. Canberra - Austrália: ACM, 2005. p. 1–10.
- [22] BRASIL. *Recomendações de Acessibilidade para a Construção e Adaptação de Conteúdos do Governo Brasileiro na Internet*. Brasília, DF, Dezembro 2005.
- [23] PRESSINOTT, F.; ZANATA, C. Cidadãos conectados. *Revista Teletime*, São Paulo, SP, n. 59, Setembro 2003.
- [24] ONU. *Declaração dos Direitos das Pessoas Deficientes*. Consultado na Internet em: 11/06/2011. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/dec\\_def.pdf](http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/dec_def.pdf)>.
- [25] OMS. *Organização Mundial da Saúde*. Consultado na Internet em: 18/05/2011. Disponível em: <<http://trofeujoinhaproda.com.br>>.
- [26] EDUCAÇÃO, S. S. M. da. *As mídias no universo infantil um diálogo possível*. 1. ed. São Paulo, SP: Secretaria Municipal da Educação, 2008.
- [27] BRASIL. *Portal de ajudas técnicas para educação: equipamento e material pedagógico pra educação, capacitação e recreação*. 1. ed. Brasília, DF: MEC: SEESP, 2002.
- [28] BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE ASSISTÊNCIA À SAÚDE. *Atenção à pessoas portadora de deficiência no Sistema Único de Saúde: planejamento e organização de serviços*. Brasília, 1993.
- [29] GALVÃO, T. F.; DAMASCENO, L. L. A. Programa infoesp: Premio reina sofia 2007 de rehabilitación y de integración. *Boletín del Real Patronato Sobre Discapacidad*, Madrid, Espanha, n. 63, p. 14–23, abril 2008.
- [30] TEIXEIRA, L. *Deficiência Auditiva. Desenvolvimento Motor e Aprendizagem das habilidades Motoras*. 2009. Consultado na INTERNET: <http://www.luzimarteixeira.com.br/2009/11/deficiencia-visual-desenvolvimento-motor-aprendizagem-motora-e-habilidades-motoras-2/>, 2011.

- [31] RYBENÁ. *Tradutor de Texto para LIBRAS*. 2011. Consultado na INTERNET: [www.rybena.org.br](http://www.rybena.org.br), 2011.
- [32] AçãO, D. em. *Deficiência múltiplas*. 2011. Consultado na INTERNET: [www.deficientesemacao.com/deficiencia-multipla](http://www.deficientesemacao.com/deficiencia-multipla), 2011.
- [33] PEREIRA, M. C. *Sistema de Substituição Sensorial para Auxílio IEEE, 1989. a Deficientes Visuais via Técnica de Processamento de Imagens e estimulação Cutânea*. Tese (Tese de Doutorado) — USP, São Paulo, SP, Setembro 2006.
- [34] M.PUYUELO; RONDAL, J. *Manual de desenvolvimento e alterações da linguagem na criança e adulto*. Trad. Feltrin A. 1. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2000.
- [35] CAPOVILLA, F.; RAPHAEL, W. *Dicionário enciclopédico ilustrado trilingüe da língua de sinais brasileira*. 1. ed. São Paulo, SP: Edusp, 2001.
- [36] ENGINEERING, B. *Gnopernicus*. Consultado na Internet em: outubro de 2011. Disponível em: <http://www.baum.ro/index.php?language=en=pagina=produse=subpag=gnopernicus>.
- [37] TONET, D. P. A. L. H. *PESQUISA DAS FERRAMENTAS DE ACESSIBILIDADE COMPUTACIONAL PARA DEFICIENTES VISUAIS E AS RECOMENDAÇÕES DO W3C*. Consultado na Internet em: outubro de 2011. Disponível em: <http://guaiba.ulbra.tche.br/pesquisa/2006/artigos/sistemas/161.pdf>.
- [38] CARIOCA, A. *Conceitos básico sobre Linux*. Consultado na Internet em: Setembro de 2011. Disponível em: <http://www.bengalalegal.com/linux.php>.
- [39] GNOME. *What is GNOME*. Consultado na Internet em: outubro de 2011. Disponível em: <http://www.gnome.org/about>.
- [40] GNU. *Licenças de Software Livre*. Consultado na Internet em: outubro de 2011. Disponível em: <http://www.gnu.org/licenses/licenses.pt.html>.
- [41] DOSVOX. *Projeto Dosvox*. Consultado na Internet em: Setembro de 2011. Disponível em: <http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/>.

- [42] NORVIG, S. R. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 2. ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 2003.
- [43] PALAZZO, L. A. M. *Inteligência Artificial*. 2011. Consultado na INTERNET: [http://ia.ucpel.tche.br/lpalazzo/Aulas/IA/m01/m01.htm#\\_InteligArtificial](http://ia.ucpel.tche.br/lpalazzo/Aulas/IA/m01/m01.htm#_InteligArtificial), 2011.
- [44] MCCARTHY, J. *What Is Artificial Intelligence? Computer Science Department - Stanford University*. Consultado na Internet em: Setembro de 2011. Disponível em: <http://www.formal.stanford.edu/jmc/whatisai.pdf>.
- [45] BARRETO, J. M. *Inteligência Artificial No limiar do Século XXI Abordagem Híbrida Simbolica, Conexionista e Evolucionária*. 3. ed. Florianópolis - SC: Editora UFSC, 2001.
- [46] BITTENCOURT, G. *Inteligência Artificial: ferramentas e teorias*. 3. ed. Florianópolis - SC: Editora UFSC, 2001.
- [47] WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. *Intelligent agents: Theory and practice. The Knowledge Engineering Review*. 1995. Consultado na INTERNET: <http://www.csc.liv.ac.uk/mjw/pubs/ker95.pdf>, 2011.
- [48] AAMODT, A.; PLAZA, E. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches. In: *AICom - Artificial Intelligence Communications*. [S.l.: s.n.], 1994. p. 39–52.
- [49] KOLODNER, J. *Inside Case-based Reasoning*. 1. ed. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc, 1993.
- [50] RIESBECK, C. K.; SCHANK, R. C. *Inside Case-based Reasoning*. 1. ed. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1989.
- [51] CARVALHO, R. R. A. de. *Função de Crença como ferramenta para solucionar diagnóstico em Raciocínio Baseado em Casos*. 1996. Consultado na INTERNET: <http://www.cic.unb.br/wagner/lara.html>, 2011.
- [52] DALFOVO, O.; MINELLA, C. M. da S.; SELHORST, R. F. M. *Raciocínio Baseado em Casos utilizando a Dieta do Tipo Sangüíneo*. 2011. Consultado na INTERNET: [http://campeche.inf.furb.br/siic/siego/docs/rbc\\_dieta.pdf](http://campeche.inf.furb.br/siic/siego/docs/rbc_dieta.pdf), 2011.

- [53] WANGENHEIM, A. v. W. Christiane Gresse von. *Raciocínio Baseado em Casos*. Barueri, SP: Editora Manole, 2003.
- [54] HEINZEN, L. A. *Módulo de Raciocínio Baseado em Casos em Uma Ferramenta de Apoio ao Ensino de Lógica de Programação*. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Universidade Regional de Blumenau, Florianópolis - SC, Junho 2002.
- [55] WATSON, I. *Applying case-based reasoning: techniques for enterprise systems*. San Francisco: Academic Press, 1997.
- [56] DURKIN, J. *Expert Systems Design and Development*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1994.
- [57] LEAKE, D. *CASe-based Reasoning: Experiences, Lessons & Future Directions*. Series - aai press copublications. Menlo Park: The MIT Press, 1996.
- [58] WEBER, R. *Raciocínio Baseado em Casos*. 1996. Consultado na INTERNET: <http://www.eps.ufsc.br:80/martins/fuzzy/cbr/intro.htm>, 2011.
- [59] SQLITE. *Categorical Index Of SQLite Documents*. Consultado na Internet em: outubro de 2011. Disponível em: <http://www.sqlite.org/docs.html>.