LUIZ GUSTAVO PACOLA ALVES

**COLLABORATVWARE: UMA INFRA-ESTRUTURA CIENTE DE
CONTEXTO PARA SUPORTE A PARTICIPAÇÃO COLABORATIVA
NO CENÁRIO DA TV DIGITAL INTERATIVA**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de
Mestre em Engenharia

São Paulo
2008

LUIZ GUSTAVO PACOLA ALVES

**COLLABORATVWARE: UMA INFRA-ESTRUTURA CIENTE DE
CONTEXTO PARA SUPORTE A PARTICIPAÇÃO COLABORATIVA
NO CENÁRIO DA TV DIGITAL INTERATIVA**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de
Mestre em Engenharia

Área de Concentração:
Sistemas Digitais

Orientadora:
Profa. Dra. Graça Bressan

São Paulo
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Alves, Luiz Gustavo Pacola

CollaboraTVware : uma infra-estrutura ciente de contexto para suporte a participação colaborativa no cenário da TV digital interativa / L.G.P. Alves. -- São Paulo, 2008.

203 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais.

1.Televisão digital 2.Televisão interativa 3.Metadados 4. Mineração de dados I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais II.t.

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus queridos
pais, Ana Maria e Hamilton, e à minha
amada esposa, Priscila.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo que tenho e por mais esta conquista.

À minha orientadora, profa. Dra. Graça Bressan, sempre muito atenciosa e presente para debatermos a pesquisa. Muitos foram os conhecimentos assimilados sobre metodologia científica. Agradeço também pelas oportunidades dadas para trabalhar em diversos projetos de pesquisa no LARC e participar de eventos (simpósios e congressos), o que sem dúvida contribuiu significativamente para o meu crescimento profissional.

À profa. Dra. Regina Silveira por ter contribuído com ensinamentos e pelo profissionalismo demonstrado no desenvolvimento de projetos nos quais tive a oportunidade de trabalhar junto durante a minha história no LARC.

Ao prof. Dr. João Benedito, da PUC Minas, pelo esforço despendido para participar da banca do exame de qualificação, apresentando contribuições valiosas para a continuidade deste trabalho.

A todos os amigos e colegas do LARC com quem tive a oportunidade de conviver nestes últimos seis anos, a contar dos tempos de iniciação científica até a situação de mestrando: Raoni e Daniel que trabalharam comigo em projetos de TV Digital, sendo pessoas nas quais aprendi bastante e que considero excelentes pesquisadores; Marcos, pelo auxílio dado nas dúvidas técnicas que foram surgindo durante o desenvolvimento da infra-estrutura; Ana Maria, pela sua atenção e prontidão; Edivaldo, pelo suporte técnico; Alexandre, Reinaldo, Gustavo, Fernando, Júnior, Romeo, Marcelo, Luisa e D. Mara, cada um com o seu modo de colaborar e que contribuíram para tornar o LARC um ótimo ambiente de pesquisa e trabalho. Foram muitos os momentos de descontração. Peço desculpas caso tenha esquecido de alguém, sintam-se agradecidos, um abraço a todos.

Ao LARC, FAPESP, RNP e FUSP pela concessão de bolsa e auxílio financeiro.

Ao meu amigo e padrinho Fábio pela motivação, apoio dispensado, compartilhamento de idéias e pelas sugestões e revisões de texto sempre bem-vindas, mesmo que tendo que debatê-las à distância, afinal de contas Manaus não é logo ali.

Aos demais amigos e familiares pela compreensão pelos momentos de ausência destinados à conclusão deste trabalho.

Não poderiam faltar alguns agradecimentos especiais.

Aos meus pais, Ana Maria e Hamilton, pelos ensinamentos da vida, principalmente ao de correr atrás dos meus objetivos profissionais (e pessoais), e pela preocupação em oferecer um ensino de qualidade aos seus filhos.

À minha irmã Vivian, pelo convívio e compreensão quando precisei deixar a luz do quarto acesa algumas noites (sei que ela entende, pois já é mestre e trilhou este caminho).

À minha esposa Priscila pelo carinho, incentivo e paciência demonstrados nos momentos difíceis dedicados ao trabalho. Momentos estes não menos importante em nossas vidas: no início deste mestrado éramos namorados, noivamos e pouco tempo após a qualificação viemos a nos casar. Tenha certeza, esta conquista é nossa!

RESUMO

O advento da TV Digital Interativa no mundo modifica, em definitivo, a experiência do usuário em assistir a TV, tornando-a mais rica principalmente pelo uso do recurso da interatividade. Os usuários passam a ser pró-ativos e começam a interagir das mais diversas formas: construção de comunidades virtuais, discussão sobre um determinado conteúdo, envio de mensagens e recomendações, dentre outras. Neste cenário a participação dos usuários de forma colaborativa assume um papel importante e essencial. Aliado a isso, a recepção na TV Digital Interativa é feita através de dispositivos computacionais que, devido à convergência digital, estão presentes cada vez mais em meios ubíquos. Um outro fator preponderante a considerar, resultante desta mídia, corresponde ao crescimento da quantidade e diversidade de programas e serviços interativos disponíveis, dificultando, assim, a seleção de conteúdo de maior relevância. Diante dos fatos expostos, esta pesquisa tem como principal objetivo propor e implementar uma infra-estrutura de software no cenário da TV Digital Interativa – intitulada CollaboraTVware – para orientar, de forma transparente, os usuários na escolha de programas e serviços interativos através da participação colaborativa de outros usuários com perfis e contextos similares. No escopo deste trabalho, a participação colaborativa corresponde às avaliações atribuídas por usuários no sentido de expressar opiniões sobre os conteúdos veiculados. As modelagens de usuário, do dispositivo utilizado e do contexto da interação do usuário, essenciais para o desenvolvimento do CollaboraTVware, são representadas por padrões de metadados flexíveis usados no domínio da TV Digital Interativa (MPEG-7, MPEG-21 e TV-Anytime), e suas devidas extensões. A arquitetura do CollaboraTVware é composta por dois subsistemas: dispositivo do usuário e provedor de serviços. A tarefa de classificação, da teoria de mineração de dados, é a abordagem adotada na concepção da infra-estrutura. O conceito de perfil de uso participativo é apresentado e discutido. Para demonstrar e validar as funcionalidades do CollaboraTVware em um cenário de uso, foi desenvolvida uma aplicação (EPG colaborativo) como estudo de caso.

Palavras-chave: TV Digital Interativa. Social TV. Modelagem de usuário. Mineração de dados. Tarefa de classificação. Metadados. Ciência de contexto.

ABSTRACT

The advent of the Interactive Digital TV around the world transforms, ultimately, the user experience in watching TV, making it richer mainly by enabling user interactivity. The users become pro-active and begin to interact with very different ways: building virtual communities, discussion about contents, sending messages and recommendations etc. In this scenario the user participation in a collaborative assumes an important and essential role. Additionally, the reception in Interactive Digital TV is done by devices that due to digital convergence are increasingly present in ubiquitous environments. Another preponderant issue to consider, resulting from this media, is the growing of the number and diversity of programs and interactive services available, increasing the difficulty of selecting relevant content. Thus, the main objective of this work is to propose and implement a software infrastructure in an Interactive Digital Television environment – entitled CollaboraTVware – to guide in a transparent way, users in the choice of programs and interactive services through the collaborative participation of other users with similar profiles and contexts. In the scope of this work, the collaborative participation corresponds to the rating given by users in order to express opinions about the content transmitted. The modeling of user, device used and context of user interaction, essential for the development of CollaboraTVware, are represented by granular metadata standards used in the field of Interactive Digital TV (MPEG-7, MPEG-21 and TV-Anytime), and its extensions needed. The CollaboraTVware architecture is composed of two subsystems: user device and service provider. The classification task, from the theory of data mining, is the approach adopted in the infrastructure design. The concept of participative usage profile is presented and discussed. To demonstrate the functionalities in a use scenario, was developed an application (collaborative EPG) as a case study which uses the CollaboraTVware.

Keywords: Interactive Digital TV. Social TV. User Modeling. Data mining. Classification task. Metadata. Context-awareness.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Componentes de um Sistema de TV Digital Interativa	26
Figura 2 – Etapas da difusão.....	27
Figura 3 – Carrossel de dados / objetos.....	30
Figura 4 – Middleware como plataforma para aplicações	32
Figura 5 – TV tradicional vs. TV Digital Interativa – adaptada de (LU, 2005).....	38
Figura 6 – Elementos Funcionais do TV-Anytime – traduzida de (TV-ANYTIME, 2007a)	45
Figura 7 – Categorização dos diversos padrões de metadados e suas dependências (ALVES et al., 2006).....	54
Figura 8 – Exemplo de um documento XML	55
Figura 9 – Validação de documento XML	56
Figura 10 – Exemplo de componentes de um Esquema XML.....	58
Figura 11 – Visão geral do MPEG-7 <i>Multimedia Description Schemes</i> (MDS) – traduzida de (ISO/IEC 15938-5, 2003)	60
Figura 12 – UserPreferences DS sumarizado (ISO/IEC 15938-5, 2003)	62
Figura 13 – UsageHistory DS sumarizado (ISO/IEC 15938-5, 2003).....	64
Figura 14 – Categorias de metadados definidas pelo TV-Anytime – “TVA Main” como elemento raiz (TV-ANYTIME, 2007a).....	68
Figura 15 – Ciclo clássico de “Modelagem de Usuário – Adaptação” – adaptada de (BRUSILOVSKY, 1996; PALAZZO, 2002)	71
Figura 16 – Modelagem de Usuário Colaborativa – adaptada de (BRUSILOVSKY, 1996)	74
Figura 17 – Estereótipo “Dona de Casa” – adaptada e traduzida de (ARDISSONO et al., 2004)	76
Figura 18 – Sistema tradicional vs. Sistema Ciente de Contexto – adaptada de (VIEIRA et al., 2006)	82
Figura 19 – Etapas operacionais do processo de KDD.....	87
Figura 20 – Hipóteses de funções induzidas a partir de exemplos de entradas e saídas (GOLDSCHMIDT; PASSOS, 2005)	93
Figura 21 – Exemplo de Árvore de Decisão.....	96
Figura 22 – Redes Neurais.....	98
Figura 23 – K-Vizinhos mais Próximos (para $k = 3$)	100

Figura 24 – Exemplo de matriz de acertos / erros.....	104
Figura 25 – Cálculo da precisão (Pr).....	105
Figura 26 – Cálculo da abrangência (Ab).....	105
Figura 27 – Cálculo da medida F (F(Pr, Ab)).....	105
Figura 28 – Arquitetura do Serviço de Avaliação de Contexto (LEITE et al., 2007)	107
Figura 29 – ContextTV no cenário de convergência (ANDRADE NETO; FERRAZ, 2006)	109
Figura 30 – Componentes de um programa interativo, segundo Santos Júnior (2002)	111
Figura 31 – Elementos de um programa interativo que formam um perfil (SANTOS JÚNIOR, 2002).....	112
Figura 32 – Tipos de Contexto (GOULARTE, 2003)	114
Figura 33 – Informações de contexto genéricas descritas por (THAWANI; GOPALAN; SRIDHAR, 2004)	117
Figura 34 – Exemplos de Cenários de Uso.....	119
Figura 35 – Diagrama de Casos de Uso do CollaboraTVware.....	124
Figura 36 – Modelo do Usuário empregado pelo CollaboraTVware.....	129
Figura 37 – Contexto da Interação do Usuário.....	134
Figura 38 – Modelagem do Contexto da Interação do Usuário	134
Figura 39 – Visão Lógica da Arquitetura de Sistema: Etapa de Classificação	139
Figura 40 – Visão Lógica da Arquitetura de Sistema: Etapa de Predição	140
Figura 41 – Visão Geral da Arquitetura Sistêmica do CollaboraTVware	141
Figura 42 – Arquitetura Orientada a Serviços – adaptada e traduzida de (PAPAZOGLU, 2003)	144
Figura 43 – Arquitetura do CollaboraTVware	145
Figura 44 – Diagramas de Atividades	147
Figura 45 – Diagrama de Classes do CollaboraTVware – Dispositivo do Usuário..	152
Figura 46 – Exemplo de representação do Modelo do Usuário.....	153
Figura 47 – Exemplo de representação do contexto da interação do usuário.....	155
Figura 48 – Diagrama de Classes do CollaboraTVware – Provedor de Serviços ...	157
Figura 49 – Cenário de Registro de Monitoração e Avaliação atribuída pelo Usuário	160
Figura 50 – Exemplo de representação das preferências implícitas e histórico de uso participativo	161

Figura 51 – Cenário de Envio e Recebimento de Perfis de Uso Participativo	162
Figura 52 – Cenário de Criação do Modelo de Conhecimento.....	163
Figura 53 – Cenário de Análise de Desempenho dos Modelos de Conhecimento..	164
Figura 54 – Cenário de Consulta da Avaliação de Programa	165
Figura 55 – Estudo de Caso: EPG Colaborativo	168
Figura 56 – Acesso a API do CollaboraTVware	170
Figura 57 – Metadados do programa “Show Turnê do Roger Waters”.....	170
Figura 58 – Monitoração e atribuição de avaliação ao programa “ <i>Show Turnê do Roger Waters</i> ”.....	172
Figura 59 – Perfil de uso participativo com avaliação instanciada	173
Figura 60 – RogerWatersTour.arff atualizado com novo registro.....	174
Figura 61 – Perfil de uso participativo com avaliação não instanciada	178

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição sucinta dos elementos funcionais do TV-Anytime	46
Tabela 2 – Técnicas de representação de contexto sumarizadas.....	84
Tabela 3 – Dados referentes ao problema de jogar golfe	94
Tabela 4 – Análise comparativa sumarizada de técnicas e métodos.....	103
Tabela 5 – Modelo do Usuário	132
Tabela 6 – Descrição do Contexto da Interação do Usuário	135
Tabela 7 – Atributos que compõem o <i>perfil de uso participativo</i>	138
Tabela 8 – Caracterização do conjunto de treinamento utilizado no estudo de caso	175
Tabela 9 – Tempo de construção dos modelos de conhecimento e tamanho dos arquivos serializados	176
Tabela 10 – Medidas F das avaliações	177

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

8-VSB	8 Level – Vestigial Side Band
AAC	Advanced Audio Coding
API	Application Programming Interface
ARFF	Attribute-Relation File Format
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses
ATSC	Advanced Television Systems Committee
BML	Broadcast Markup Language
BST-OFDM	Band Segmented Transmission – OFDM
CDMA	Code-Division Multiple Access
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
CRID	Content Reference IDentifier
DASE	DTV Application Software Environment
DDL	Description Definition Language
DI	Digital Item
DIA	Digital Item Adaptation
DID	Digital Item Declaration
DII	Digital Item Information
DS	Description Scheme
DSL	Digital Subscriber Line
DSM-CC	Digital Storage Media – Command and Control
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-H	Digital Video Broadcasting - Handheld
DVR	Digital Video Recorder
EPG	Electronic Program(me) Guide
ESG	Electronic Service Guide
FIS	Fuzzy Inference System
GC	Gestão do Conhecimento
GPS	Global Positioning System

GSM	Global System for Móbile Communication
HDTV	High Definition Television
IP	Internet Protocol
IPDC	IP Datacasting
IPG	Interactive Program Guide
IPMP	Intellectual Property Management and Protection
ISDB	Integrated Services Digital Broadcasting
ISDB-TB	International Service Digital Broadcasting - Terrestrial Brazil
ITU	International Telecommunication Union
KDD	Knowledge Discovery in Databases
MDS	Multimedia Description Schemes
MHP	Multimedia Home Plataform
MMOG	Massively Multiplayer Online Game
MPE	MultiProtocol Encapsulation
MPEG	Moving Picture Experts Group
NCL	Nested Context Language
PDA	Personal Digital Assistant
PDR	Personal Digital Recorder
PSI	Program Specific Information
PVR	Personal Video Recorder
QoS	Quality of Service
REL	Rights Expression Language
SBTVD	Sistema Brasileiro de Televisão Digital
SDTV	Standard Definition Television
SI	Service Information
STB	Set-Top Box
TCP	Transmission Control Protocol
TIC	Tecnologia da Informação e da Comunicação
TS	Transport Stream
UMC	User Modeling Component

UML	Unified Modeling Language
URD	Unidade Receptora Decodificadora
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
URN	Universal Resource Name
USB	Universal Serial Bus
W3C	World Wide Web Consortium
WEKA	Waikato Environment for Knowledge Analysis
XML	eXtensible Markup Language
XSD	XML Schema Definition

SUMÁRIO

1	Introdução	20
1.1	Motivações e Justificativas.....	20
1.2	Objetivos	21
1.3	Organização do Trabalho.....	23
2	TV Digital Interativa.....	25
2.1	Componentes de um Sistema de TV Digital Interativa.....	26
2.1.1	Difusão.....	26
2.1.1.1	Mecanismos de Datacasting.....	28
2.1.2	Recepção.....	30
2.1.2.1	Middleware	31
2.1.3	Canal de Retorno e possíveis tecnologias.....	33
2.1.4	Interatividade e a Disponibilidade de Serviços Interativos	34
2.2	Visão geral dos Sistemas de TV Digital e o contexto nacional	39
2.2.1	Sistema norte-americano ATSC	39
2.2.2	Sistema europeu DVB	40
2.2.3	Sistema japonês ISDB	41
2.2.4	Sistema Brasileiro de TV Digital.....	42
2.3	TV-Anytime	43
2.3.1	Arquitetura do TV-Anytime.....	44
2.3.2	Modelos de negócios do TV-Anytime	47
2.3.2.1	Modelo de Difusão.....	48
2.3.2.2	Modelo de Canal de Retorno Intermitente	48
2.3.2.3	Modelo Bidirecional em Banda Larga	48
2.3.2.4	Considerações em relação à arquitetura sistêmica	49
2.4	Considerações adotadas no trabalho.....	50
3	Metadados na Descrição de Conteúdo	52
3.1	Metadados aplicados no cenário da TV Digital Interativa	52
3.2	XML e Esquema XML	54
3.3	MPEG-7	59

3.3.1	Esquema de Descrição de Preferências do Usuário (UserPreferences DS)	61
3.3.2	Esquema de Descrição de Histórico de Uso (UsageHistory DS)	63
3.4	MPEG-21	64
3.5	Modelo de metadados do TV-Anytime	67
3.6	Considerações finais	69
4	Modelagem de Usuário	70
4.1	Fundamentos do Modelo do Usuário	70
4.2	Abordagens na construção do Modelo do Usuário e o uso no domínio de TV Digital Interativa	73
4.2.1	Interação do usuário	73
4.2.2	Informação direta e colaborativa	74
4.2.3	Estereótipo	75
4.2.4	Considerações	77
5	Ciência de Contexto	78
5.1	Definição de Contexto e Sistema Ciente de Contexto	79
5.2	Requisitos envolvidos no desenvolvimento de sistemas cientes de contexto	82
5.3	Formas de Representação de Contexto	83
5.4	Estado da Arte no Uso de Contexto	85
6	Tarefa, Técnicas e Métodos de Classificação	87
6.1	Descrição das etapas operacionais e a Mineração de Dados	88
6.2	Aprendizagem via Tarefa de Classificação	92
6.2.1	Exemplo ilustrativo	94
6.2.2	Análise de Técnicas e Métodos para Tarefa de Classificação	95
6.2.2.1	Indução de Árvore de Decisão	96
6.2.2.2	Redes Neurais	97
6.2.2.3	Algoritmos Genéticos	99
6.2.2.4	Raciocínio baseado em Casos	99
6.2.2.5	Lógica Nebulosa (Fuzzy)	101
6.2.2.6	Modelos Estatísticos - Aprendizagem Bayesiana	101
6.2.2.7	Resumo das técnicas e métodos	102
6.2.3	Métricas de Avaliação de Desempenho	103
7	Trabalhos Relacionados	106

7.1.1	Uma Arquitetura de Serviço para Avaliação de Contextos em Redes de TV Digital.....	106
7.1.2	Uma Arquitetura para Suporte ao Desenvolvimento de Aplicações Sensíveis a Contexto em Cenário de Convergência.....	108
7.1.3	Modelagem de Ambientes Interativos Conscientes de Contexto: Uma Abordagem Baseada nos Padrões MPEG-4 e MPEG-7	110
7.1.4	Personalização e adaptação de conteúdo baseadas em contexto para TV Interativa.....	113
7.1.5	Context Aware Personalized Ad Insertion in an Interactive TV Environment.....	115
8	A Infra-estrutura CollaboraTVware.....	118
8.1	Considerações iniciais	118
8.2	Descrição de Cenários de Uso	118
8.3	Levantamento de Requisitos da Infra-estrutura	120
8.3.1	Requisitos Funcionais.....	121
8.3.2	Requisitos Não Funcionais	122
8.4	Diagrama de Casos de Uso	123
8.5	Modelagem de Usuário	129
8.6	Contexto da Interação do Usuário	133
8.7	Visão Geral da Arquitetura Sistêmica	136
8.7.1	Conceito de Perfil de Uso Participativo.....	136
8.7.2	Visão Lógica	139
8.7.3	Visão de Implantação	140
8.7.3.1	Paradigma da orientação a serviços na comunicação Dispositivo do Usuário – Provedor de Serviços	143
8.8	Arquitetura Interna do CollaboraTVware.....	145
8.9	Projeto e Implementação do Protótipo	151
8.9.1	Pacotes e Classes	151
8.9.2	Funcionamento da Infra-estrutura.....	158
8.9.3	Tecnologias e Ferramentas adotadas.....	165
8.10	Considerações Finais.....	166
9	Estudo de Caso.....	168
9.1	Resultados experimentais.....	171
10	Conclusões.....	180

10.1 Trabalhos Futuros.....	181
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	183
APÊNDICE A – Esquemas CollaboraTVware	195
APÊNDICE B – ARFF do perfil de uso participativo.....	202

1 Introdução

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar uma infra-estrutura de software no cenário da TV Digital Interativa – intitulada CollaboraTVware – para orientar, de forma transparente, os usuários na escolha de programas e serviços interativos através da participação colaborativa de outros usuários com perfis e contextos similares.

1.1 Motivações e Justificativas

O processo de digitalização da TV observado em diversos países do mundo nos últimos anos, inclusive no Brasil com a implantação do Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre denominado ISDB-TB (*International Service Digital Broadcasting - Terrestrial Brazil*), representa um grande passo na evolução desta mídia. A TV Digital possibilita que os telespectadores, agora denominados usuários, interajam com os provedores, interrompendo a unidirecionalidade, oferecendo assim uma rica experiência em termos de programação televisiva difundida e serviços interativos, dentre os quais: EPGs (*Electronic Program Guide*), propagandas personalizadas (dirigidas), programas de notícias com acesso não linear ao conteúdo, jogos, *T-learning*, *T-commerce* e *T-government* (JENSEN, 2005). De modo geral, esta é a chamada TV Digital Interativa.

Diante desse fato, a TV Digital Interativa é um assunto que desperta interesse no desenvolvimento de pesquisas, padrões e tecnologias tanto no mundo acadêmico quanto na indústria.

Esta nova mídia abre espaço para a participação do usuário, que a partir desse momento não é mais passivo, assumindo um papel pró-ativo no qual possibilita controlar tanto a estrutura quanto o conteúdo por meio de iniciativa própria (MONTEZ; BECKER, 2005) e interagir das mais diversas formas, como por exemplo: construção de comunidades virtuais, discussão sobre um determinado conteúdo (HARRISON; AMENTO, 2007), envio de mensagens e recomendações (BOERTJES,

2007), dentre outras. Muitos pesquisadores da comunidade científica consideram que esta característica originou a subárea denominada Social TV (GEERTS; HARBOE; MASSEY, 2007) devido a sua natureza participativa. A Social TV assemelha-se em muitos aspectos da Web 2.0 (LIN, 2007) no que se refere à colaboração da sociedade da informação no mundo da Internet, possibilitando seu uso para expressão própria de idéias, de manifestações e de posicionamento (BALBONI, 2007).

Aliado a este fato, tem-se que um dos desafios citados em SBC (2006) referente ao avanço na pesquisa em computação dentro de um horizonte de longo prazo é a gestão da informação em grande volume de dados multimídia distribuídos, visto que um processo semelhante já ocorre na Internet, pois uma de suas principais características é a crescente, quase infundável, carga de informação. O objetivo deste desafio é desenvolver soluções para o tratamento, a recuperação e a disseminação de informações relevantes a partir de volumes exponencialmente crescentes de dados multimídia, sendo que foi identificado que um dos grandes problemas técnicos e científicos a abordar para fazer frente a este desafio compreende a definição e uso de contexto para a recuperação de informação, considerando fatores como localização do usuário, perfil de interesses, objetivos, dentre outros.

Esse problema também deve ser investigado no cenário da TV Digital Interativa, pois o crescimento da quantidade e diversidade de conteúdo provindo desta mídia dificulta o acesso transparente dos usuários. Neste sentido, é preciso investigar e desenvolver soluções e infra-estruturas de suporte que guiem os usuários nas suas escolhas, dado que os receptores de TV Digital Interativa são considerados, até certo ponto, sistemas computacionais, podendo inclusive ser dispositivos móveis e também cientes de contexto.

1.2 Objetivos

Diante das necessidades e justificativas conhecidas e apresentadas na seção anterior referente a grande e diversificada quantidade de informações esperada em um cenário de TV Digital Interativa, escolheu-se o seguinte título para este trabalho:

“CollaboraTVware: Uma Infra-estrutura Ciente de Contexto para Suporte a Participação Colaborativa no Cenário da TV Digital Interativa”.

O objetivo principal desta dissertação consiste na proposta de uma infra-estrutura de software no cenário da TV Digital Interativa – intitulada CollaboraTVware – para orientar, de forma transparente, os usuários na escolha de programas e serviços interativos através da participação colaborativa de outros usuários com perfis e contextos similares.

A infra-estrutura especificada e implementada prove suporte a aspectos relacionados à representação e armazenamento de informações de contexto, e ao desenvolvimento de aplicações que ofereçam um meio para que os usuários participem e interajam com o conteúdo disponibilizado, como é o caso do EPG. Esta infra-estrutura também é composta pelos serviços *de classificação* e *de predição* responsáveis, respectivamente, por: (i) extrair padrões a partir de um conjunto de participações colaborativas obtidas de diversos usuários; e (ii) auxiliar, de posse dos padrões obtidos, na escolha de programas e serviços por um determinado usuário conforme o seu perfil e contexto.

A participação colaborativa a ser estudada corresponde à avaliação atribuída pelos usuários no sentido de expressar a sua opinião sobre o programa ou serviço interativo consumido, visto que esta nova mídia está alinhada com este caráter participativo.

Para concepção dos serviços são aplicadas abordagens de técnicas de mineração de dados utilizando as etapas de classificação e de predição previstas na tarefa de classificação, visto que métodos puramente estatísticos não atendem a proposta, pois impõem limitações na solução de problemas como este (SILVA, 2004).

Para alcançar o objetivo principal declarado acima é preciso cumprir uma série de objetivos específicos listados a seguir:

- Investigação de fundamentos da modelagem do usuário e as abordagens existentes na construção do modelo do usuário para aplicar na infra-estrutura proposta;
- Estudo de ciência de contexto e identificação das principais informações contextuais que possam ser úteis para a infra-estrutura;

- Estudo de padrões de metadados para aplicá-los e, quando necessário, estendê-los;
- Análise de técnicas e métodos existentes para a tarefa de classificação a serem empregados;
- Adicionalmente, um dos resultados a serem alcançados é o uso da infraestrutura por meio de uma aplicação exemplo (EPG colaborativo) para validar a proposta;

1.3 Organização do Trabalho

Esta dissertação está estruturada em dez capítulos. Neste primeiro capítulo foram apresentadas as motivações e justificativas do trabalho, além dos objetivos.

O capítulo dois visa elucidar alguns conceitos, características e evolução tecnológica referentes à digitalização da TV e conseqüentemente da interatividade oferecida por esta nova mídia. São apresentadas também algumas considerações adotadas para delimitar o escopo do trabalho.

O capítulo três apresenta os metadados que possuem relação direta com TV Digital Interativa (XML, MPEG-7, MPEG-21 e TV-Anytime), bem como a importância de seu emprego na proposta.

Os fundamentos de modelagem de usuário e as abordagens de construção do modelo do usuário são objetos de estudo do capítulo quatro.

O capítulo cinco versa sobre ciência de contexto, apresentando algumas definições de contexto e sistema ciente de contexto encontrados na literatura, alguns requisitos envolvidos no desenvolvimento de sistemas cientes de contexto também são apresentados, com destaque ao requisito representação de contexto. Além disto, o capítulo finaliza discutindo o estado da arte no uso de contexto.

O capítulo seis aborda a tarefa de classificação presente na área de mineração de dados. São apresentados técnicas e métodos comumente empregados em tarefas de classificação, bem como as métricas de avaliação de desempenho.

O capítulo sete apresenta uma análise de trabalhos encontrados na literatura que exploram contexto, sua representação e uso no cenário da TV Interativa que mais se correlacionam com o tema proposto.

A infra-estrutura CollaboraTVware é apresentada no capítulo oito. Este capítulo disserta sobre os possíveis cenários de uso nos quais a solução proposta está inserida, bem como a concepção do CollaboraTVware em si, incluindo a arquitetura, o detalhamento do projeto através de diagramas UML (*Unified Modeling Language*) (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 1999) e a implementação do protótipo.

O capítulo nove apresenta um estudo de caso que tem como objetivo validar as funcionalidades da infra-estrutura.

O capítulo dez encerra este trabalho ressaltando as conclusões e apontando algumas sugestões de trabalhos futuros.

2 TV Digital Interativa

A TV, assim como qualquer outra mídia ou veículo de comunicação como é o caso do rádio, também está envolvida em um constante processo evolutivo e de adaptação às novas tecnologias e necessidades sociais. As etapas desta evolução tecnológica residem na digitalização da produção (codificação), edição, transmissão e recepção culminando com o surgimento da TV Digital (MONTEZ; BECKER, 2004).

Além da melhoria da qualidade da mídia digital de áudio e vídeo (por ser mais imune a interferências e ruídos) em transmissões de canais codificados em definição padrão (do inglês, *Standard Definition Television* – SDTV) e alta definição (do inglês, *High Definition Television* – HDTV), perceptível à primeira vista para qualquer pessoa, a digitalização da TV implica no aumento da capacidade de difusão do número de canais (com seus respectivos programas) e também possibilita o uso da chamada interatividade, característica fundamental responsável por impulsionar a transição para o novo modelo.

Segundo Steuer (1992) interatividade está relacionada à extensão de quanto um usuário pode participar ou influenciar na modificação imediata, na forma e no conteúdo de um ambiente computacional.

Assim, pode-se concluir que a TV deixa de ser unidirecional, de modo que o usuário, de posse de um receptor (dispositivo do usuário), passa a ter um canal de interatividade (também referenciado como canal de retorno na literatura) para se comunicar por meio da interação com os provedores de serviços, possibilitando, desta forma, a troca de informações no sentido inverso da difusão (Figura 1). Com a interatividade é possível aumentar a quantidade e a qualidade dos serviços oferecidos na TV, muitos ainda nem inventados.

Figura 1 – Componentes de um Sistema de TV Digital Interativa

A TV Digital Interativa, assim chamada, é uma nova mídia com características próprias, peculiares a sua natureza tecnológica, que muda definitivamente a experiência do usuário de assistir a TV.

Na seção seguinte, 2.1, são apresentados os componentes da TV Digital Interativa. Em seguida, na seção 2.2, é apresentada uma visão geral dos principais sistemas abertos de TV Digital existentes no mundo, contextualizando, ainda nesta seção, o Sistema Brasileiro. A seção 2.3 aborda uma proposta de arquitetura sistêmica e modelos de negócios definidos pelo TV-Anytime Fórum para o cenário da TV Digital Interativa. Finalizando, a seção 2.4 apresenta algumas considerações adotadas no trabalho.

2.1 Componentes de um Sistema de TV Digital Interativa

2.1.1 Difusão

O componente de difusão de conteúdo televisivo é o responsável pela geração do sinal a ser difundido aos usuários. Esta difusão implica em uma série de etapas para a construção do sinal, conforme pode ser visto na Figura 2. Estas

etapas representam o modelo de referência criado pela União Internacional de Telecomunicações (*International Telecommunication Union – ITU*) e é adotado pelos sistemas de TV Digital.

Figura 2 – Etapas da difusão

A Figura 2 ilustra que em um sistema de TV Digital, além da codificação de fluxos de áudio de vídeo, há um outro tipo de fluxo que pode ser transmitido: os dados. Tais dados podem ser tanto os dados como legendas de filmes, informações adicionais em forma de texto, quanto aplicações e serviços interativos dependentes ou não da programação televisiva.

Para serem difundidos em formato digital, os fluxos de áudio e vídeo (ao vivo ou gravados e eventualmente editados antes da transmissão) devem ser codificados e comprimidos, usualmente utilizando padrões MPEG. Cada fluxo de áudio, de vídeo, ou de dados é denominado de fluxo elementar (*elementary stream*). Um conjunto de fluxos elementares forma o que costuma ser conhecido na TV analógica como canal ou programa, porém é chamado de serviço no ambiente de TV Digital (MONTEZ; BECKER, 2005).

A etapa seguinte consiste na multiplexação de todos os serviços que são encapsulados em pacotes gerando um fluxo de transporte. Este fluxo de transporte é codificado e transportado segundo as especificações do MPEG-2 Transport Stream (MPEG-2 TS). Além dos serviços multiplexados, o fluxo de transporte também é responsável por incluir as tabelas de informações de serviços (SI – *Service Information*) que descrevem os serviços propriamente ditos. A limitação no uso de

tais tabelas será vista na seção Metadados aplicados no cenário da TV Digital Interativa do capítulo 3.

Por fim, após a etapa de multiplexação, há a modulação do sinal digital para que este possa percorrer os meios de difusão (os mais comuns são via radiodifusão, também conhecido como difusão terrestre; cabo e satélite).

Nesta seção foi possível observar que com o advento da TV Digital tornou-se possível transmitir qualquer tipo de dados, desde que sejam digitais. Esse serviço, difusão de dados no mesmo meio de transporte utilizado pela programação audiovisual normal, é conhecido como *data broadcasting*, ou simplesmente *datacasting* (PICCIONI, 2005).

O *datacasting* pode ser classificado segundo o seu grau de acoplamento com o fluxo de áudio e vídeo difundido em três categorias: *fortemente acoplado*, *fracamente acoplado* e *desacoplado* (CATAPANO et al., 2003). Um *datacasting* é dito *fortemente acoplado* quando os dados difundidos são temporalmente relacionados ao áudio e ao vídeo com a finalidade de enriquecer a programação televisiva. O *datacasting* fracamente acoplado é quando os dados possuem alguma relação com o programa televisivo, no entanto, não são completamente sincronizados. Por exemplo, na difusão de um material educacional suplementar a um vídeo, o usuário pode escolher visualizar essa informação antes, durante ou depois de assistir ao vídeo (MONTEZ; BECKER, 2005). Já em um *datacasting* desacoplado, os dados difundidos não possuem nenhuma relação com o conteúdo televisivo. A próxima seção irá tratar dos mecanismos existentes de *datacasting*.

2.1.1.1 Mecanismos de Datacasting

Há basicamente quatro mecanismos empregados atualmente para difusão de dados em TV Digital (TEKTRONIX, 2002) (PICCIONI, 2005): *Data Piping*, *Data Streaming*, *Multiprotocol Encapsulation* (MPE) e Carrosséis.

Data Piping (Canalização de Dados)

Os dados brutos são encapsulados diretamente nas cargas de pacotes de transporte. Consiste no método mais simples de inserção de dados em um fluxo de transporte (MPEG-2 TS). Sendo assim, o tratamento dos dados (fragmentação, organização e recuperação) fica sob total responsabilidade da implementação. É geralmente utilizado por sistemas proprietários para interpretação e codificação de seu conteúdo.

Data Streaming (Fluxo de Dados)

Os dados são continuamente difundidos e geralmente alimentam alguma aplicação no receptor. Os padrões de *middleware* dos sistemas de TV Digital geralmente oferecem APIs de acesso a dados difundidos por este mecanismo.

Multiprotocol Encapsulation (Encapsulamento Multiprotocolo)

Os dados são transportados em datagramas de diversos protocolos da camada de rede do modelo OSI. Atualmente, diversos trabalhos na área são direcionados para o estudo do *datacasting* através de datagramas IP (*IP Datacasting* - IPDC) encapsulados no sinal da TV Digital (STAFFANS, 2004; LEITE et al., 2007), principalmente por ser considerada uma escolha natural caso utilize-se essa forma de *datacasting* para oferecer serviços de Internet via canal de difusão e também devido ao endereçamento de conteúdo, possível através do protocolo IP, aos usuários da TV Digital.

Carrosséis

Consiste, basicamente, na transmissão periódica (cíclica) de um determinado conjunto de dados / objetos sobre um fluxo de transporte (Figura 3). Essa característica auxilia o receptor na busca de determinada informação que não tenha recebido ou que esteja incompleta, bastando apenas aguardar a sua próxima repetição. Piccioni (2005) destaca que também é possível adotar mecanismos de

armazenamento prévio de conteúdo de um carrossel, de forma a agilizar a disponibilidade dos dados a alguma aplicação.

Figura 3 – Carrossel de dados / objetos

Existem dois tipos básicos de carrosséis padronizados: carrossel de dados e carrossel de objetos. O primeiro organiza os dados logicamente em módulos que devem ser tratados pela aplicação e o segundo trata as informações na forma de objetos, sendo que na difusão de dados, há os objetos do tipo arquivo e do tipo diretório que formam um sistema de arquivo simples. A implementação do carrossel de dados e de objetos em fluxos de transporte MPEG-2 é baseado no protocolo DSM-CC (*Digital Storage Media – Command and Control*).

O mecanismo de carrosséis corresponde ao padrão de *facto* para *datacasting* em TV Digital, sendo adotado pela maioria dos sistemas abertos, principalmente na difusão de aplicações e seus recursos.

2.1.2 Recepção

Na TV Digital Interativa os usuários não estão mais diante de um simples aparelho de TV, mas sim de um dispositivo receptor dotado de poder de processamento computacional capaz de executar aplicativos. Este dispositivo possui arquitetura que se assemelha a um computador, sendo composta por processador, memória, barramento, unidades de armazenamento e interfaces de entrada e saída. A princípio, possui capacidades menores de processamento e limitações de memória e armazenamento, no entanto é comum apresentar algumas adaptações destinadas ao ambiente televisivo.

Tais adaptações ficam evidentes quando se trata dos componentes que realizam as etapas inversas daquelas presentes na difusão do sinal (seção anterior), ou seja, a existência do demodulador, onde se obtém o fluxo de transporte restaurado; do demultiplexador, que extrai os fluxos elementares; e dos decodificadores de mídia, entre outros. Inclusive, alguns destes componentes podem ser implementados por software.

O dispositivo de recepção pode estar embutido no aparelho de TV, ou ser um equipamento à parte. Nesse último caso, o mesmo é conhecido comercialmente como *set-top box*. Há também outras opções como por exemplo o uso de placas acopladas a PCs para capturar o sinal digital, e até mesmo a recepção móvel – receptores USB com antenas para serem conectados a *notebooks*, e aparelhos móveis com TV integrada (telefones celulares e PDAs, por exemplo). É importante mencionar que a portabilidade obtida viabiliza o acesso aos diversos conteúdos por diversos tipos de dispositivos, além de ser em qualquer momento e em qualquer lugar.

Neste trabalho é adotada a terminologia *dispositivo do usuário* para denotar o equipamento receptor de TV Digital Interativa.

2.1.2.1 Middleware

A TV Digital, como visto, não considera a premissa de que todos os receptores sejam exatamente iguais, muito pelo contrário, o modelo de negócios de um sistema de TV Digital Interativa combina diferentes tipos de receptores, de fabricantes distintos, e com diferentes arquiteturas de hardware, cujas características podem ser bastante variáveis (capacidades de decodificação e comunicação, por exemplo).

Além disso, tais dispositivos também podem adotar diferentes sistemas operacionais. Diante deste cenário de plataformas (hardware e software) heterogêneas é necessário adotar mecanismos que tornem portáteis as aplicações e os serviços, favorecendo assim a consolidação da TV Digital Interativa (FERNANDES; SOUZA FILHO; ELIAS, 2004).

Neste sentido, para atender ao requisito de portabilidade, os dispositivos devem prover às aplicações uma API genérica, padronizada e bem definida que deve abstrair as especificidades de hardware e software dos diversos dispositivos receptores; e, por conseguinte, esta API determina quais funcionalidades poderão ser oferecidas pelos dispositivos para os usuários, inclusive o suporte à interatividade. Para prover tal API, uma camada de software adicional, denominada *middleware* (ou camada do meio), deve ser incluída entre o sistema operacional e as aplicações.

A Figura 4 ilustra onde o *middleware* é inserido por meio da representação em camadas de uma arquitetura típica presente em um dispositivo.

Figura 4 – Middleware como plataforma para aplicações

A finalidade do *middleware* é oferecer um serviço padronizado para as aplicações, escondendo as heterogeneidades e complexidade das camadas inferiores (MONTEZ; BECKER, 2005), afastando, assim, os desenvolvedores de aplicações das peculiaridades dos mecanismos definidos pelos protocolos de comunicação, do sistema operacional, ou do hardware. Sendo assim, tem-se que o uso do *middleware* viabiliza a portabilidade requerida das aplicações, permitindo que sejam transportadas para qualquer receptor digital que suporte o *middleware* adotado. Além disso, os *middlewares* presentes nos sistemas de TV Digital existentes são compostos por uma máquina virtual Java, capaz de executar *bytecodes* dessa linguagem. Aliado a tal fato, tem-se que uma das mais importantes

APIs destes *middlewares* é a JavaTV (SUN, 2008), lançada pela *Sun Microsystems* em 1998.

Segundo (SOARES, 2007), do ponto de vista de software, pode-se dizer que ao definir o *middleware*, está, de fato, definindo o padrão de TV Digital dos países que o adotarem.

2.1.3 Canal de Retorno e possíveis tecnologias

Os receptores podem ou não ser capazes de enviar dados, no entanto para que haja comunicação entre estes e os provedores de serviços de interação é fundamental que exista o canal de retorno (ou de interatividade). Segundo a recomendação J.110 do ITU-T (ITU, 1997), através do canal de retorno é possível interagir solicitando e recebendo informações por meio de tecnologias de rede de acesso que estabeleça a comunicação no sentido dos usuários para os provedores.

A implementação do canal de retorno pode ser feita com o uso de tecnologias variadas que apresentem poucas ou grandes limitações (conexão temporária, largura de banda, dentre outras). A seguir é apresentada uma relação de possíveis tecnologias:

- Telefonia fixa (linha discada, serviços da família xDSL, ou *cable modem*) – tem como maior vantagem ser uma tecnologia consolidada como meio de acesso à Internet. A utilização da linha discada, com um simples *modem*, é comum em caso de usuários que usem conexão intermitente (não permanentes). É uma tecnologia considerada suficiente para muitas das aplicações interativas;
- Radiofrequência (Wi-Fi, WiMAX etc) – é possível, por exemplo, usar a própria largura de banda do meio de difusão (via antena de recepção) para enviar dados no sentido inverso. E no caso do WiMAX (radiofrequência intrabanda), Meloni (2007) apresenta algumas vantagens que justifica o interesse por esta tecnologia: melhor alcance do sinal (até 65Km) e oferecer canal de retorno a áreas com baixa densidade demográfica com apenas uma estação base são algumas delas.

- *Power Line Communications* (PLC) – há estudos que apontam o uso de linhas de distribuição (cabos que transmitem eletricidade, linhas de baixa tensão) como alternativa para o canal de retorno (CARVALHO; ALENCAR, 2005). Apesar de haver grande cobertura geográfica, esta tecnologia é penalizada principalmente pelos excessivos níveis de ruído e atenuação do sinal;
- Telefonia celular (3G, GSM, ou CDMA) – emprega o uso da rede celular como alternativa. Esta é uma solução natural quando o dispositivo receptor for um aparelho móvel. Uma vantagem é o grande aumento de penetração dos celulares nos últimos anos.

O canal de retorno não deve ser homogêneo, ou seja, cada lugar ou usuário deve escolher a tecnologia que mais se adaptar às necessidades (MONTEZ; BECKER, 2005). No entanto, as especificações de sistemas de TV Digital costumam exigir o suporte à pilha TCP/IP. Inclusive a arquitetura recomendada para o Sistema Brasileiro de TV Digital é baseada em redes TCP/IP, suportando servidores em qualquer localidade com acesso à Internet (ABNT NBR 15607-1, 2008).

2.1.4 Interatividade e a Disponibilidade de Serviços Interativos

Na literatura é muito comum encontrar o termo “TV Interativa” como cenário de estudo para pesquisas, de modo que o seu conceito não é totalmente claro. No entanto, com o objetivo de definir o alcance da mídia, vários estudiosos e institutos de pesquisa têm trabalhado na associação de características semelhantes em grupos de aplicações. Segundo Maclin (2001) a “TV Interativa” abrange uma série de tecnologias, aplicações e serviços oferecidos que, apesar dessa ampla abrangência, assume diferentes nomenclaturas conforme a sua funcionalidade (SRIVASTAVA, 2002; MONTEZ; BECKER, 2005; JENSEN, 2005; MORRIS; SMITH-CHAIGNEAU, 2005):

- **TV avançada (*Enhanced TV*)**: tipo de conteúdo televisivo que oferece informações adicionais que engloba textos, vídeos e elementos gráficos,

como fotos e animações no decorrer da programação corrente. Na sua forma mais simples, é a apresentação integrada desses elementos, organizada por uma grade de programação. As interações ocorrem somente entre usuário e dispositivo. As aplicações da TV avançada não necessitam de um canal de interação para comunicar-se com os provedores de serviço;

- **Internet na TV (*Internet TV*):** permite o acesso irrestrito à Internet via TV dotada de canal de retorno e com suporte à IP;
- **TV individualizada (*Individualized TV*):** permite a adaptação da TV conforme o gosto do usuário. É possível escolher ângulos de câmera e/ou opções de áudio em transmissões esportivas ou espetáculos teatrais, repetir cenas, personalizar a interface, dentre outras funcionalidades similares à proporcionada por um DVD;
- **TV ou Vídeo sob demanda (*Video-on-Demand ou On-Demand TV*):** capacita os usuários a assistirem ao programa, através de requisições, na hora que desejarem, sem a restrição ao horário em que é transmitido pela emissora;
- **Personal Video Recorder (PVR):** também conhecido como **Personal TV** ou **Digital Video Recorder (DVR)**, permite a gravação digital de programas apenas especificando o título, o horário, o assunto, o ator, ou algum outro dado pré-cadastrado sobre o filme, ou qualquer outra atração televisiva. Essa função pode, por exemplo, suspender a reprodução do programa, mesmo que ele esteja acontecendo ao vivo, e retomar sua reprodução do ponto em que foi parado. É necessário um dispositivo com capacidade de armazenamento;
- **Walled Garden (Portais de TV Interativa):** um portal contendo um guia das aplicações interativas. Esclarece ao usuário o que é possível fazer, o que está disponível, e serve de canal de entrada para essas aplicações. Exemplos de aplicações serão vistas logo adiante;
- **Console de jogos:** permite o uso da TV para jogos, seja usando como adversário a própria TV ou computador; ou em rede, contra outros jogadores.

Segundo Montez e Becker (2005) a disponibilidade de serviços interativos torna-se parte da rotina de assistir à TV, nela os usuários deixam de assumir um papel passivo que representa a inércia na qual estão submetidos desde o

surgimento dessa mídia, para tornarem-se reativos e até mesmo pró-ativos. Para Reisman (2002), um usuário assume um papel reativo quando responde a estímulos oferecidos pela emissora, ou seja, quando está sujeito às opções e realimentações dirigidas pelo próprio programa veiculado. Já o papel pró-ativo representa o controle, por parte do usuário, tanto da estrutura quanto do conteúdo por meio de iniciativa própria. A seguir é apresentada uma divisão dos serviços interativos em tipos, conforme proposto por Bernardo¹ apud Becker et al. (2005). Vale lembrar que todos estes tipos demandam um papel pró-ativo do usuário:

- **Guia de Programação Eletrônica (*Electronic Program Guide – EPG*):** um portal contendo um guia com a programação dos diversos canais disponíveis, com datas e horários de início e término de cada programa. Pode ser comparado à revista com a grade de programação das TVs a cabo, onde o usuário seleciona a programação desejada com o próprio controle remoto, dispensando a busca por canais. Não precisa necessariamente de canal de interatividade, uma vez que a atualização é feita por canal de difusão e nem deve ser confundido com o *Walled Garden*, que é similar, mas se refere às aplicações, e não à programação;
- **Comércio eletrônico (comércio televisivo ou *T-commerce*):** é a possibilidade de fazer compras usando a TV. O serviço não difere muito do que é conhecido atualmente na Internet, apenas oferece a comodidade da TV com canal de interatividade para a realização das compras. Comumente está aliado à publicidade interativa;
- **Banco eletrônico (banco televisivo ou *T-bank*):** também muito semelhante aos serviços oferecidos na Internet, o acesso ao banco através da TV foi uma grande aposta na Europa segundo Bernardo apud Becker et al. (2005), porém até agora com poucos resultados. Como o serviço é similar à Internet, a estrutura necessária por parte dos bancos também é similar, precisando apenas ser replicada para esse novo meio de comunicação;
- **Correio eletrônico (correio televisivo ou *T-mail*):** o acesso ao correio eletrônico também está no nível das apostas na maioria dos países que já adotaram a TV Digital. Da mesma forma como o banco eletrônico, a estrutura

¹ Livro ao qual não foi possível ter acesso – “O guia prático da produção de televisão interactiva”, Centro Atlântico, Porto, 2002 – ISBN: 972-8426-47-X.

de servidores e clientes é similar à presente na Internet, necessitando apenas uma adaptação dos softwares clientes;

- **Internet:** o acesso à Internet é uma das principais apostas da TV Digital, principalmente quando se trata da realidade brasileira onde a maioria da população não tem condições de adquirir um computador. O uso de um *set-top box*, uma linha telefônica e a TV como monitor há anos seduz os idealizadores da TV Digital. Porém, até o momento não há registros de um sucesso absoluto dessa tecnologia, mesmo porque nos países pioneiros na implantação da TV Digital a Internet é uma constante na vida das pessoas;
- **Aplicações transversais aos canais:** são serviços oferecidos pela TV Digital mas que não estão atrelados a nenhum canal especificamente, como acontece com os portais. Normalmente são aplicações de utilidade pública ou de governo eletrônico (também conhecido como governo televisivo ou *T-government*), sem nenhuma vinculação com os conteúdos audiovisuais transmitidos pelos canais normais de TV;
- **Programas interativos:** são aplicativos diretamente relacionados ao conteúdo audiovisual, completando-o ou muitas vezes, alterando-o. São os aplicativos que mais aproximam a TV do conceito ideal de TV Interativa, onde o usuário está englobado na emissão da programação. São inúmeros os exemplos de sucessos de programas interativos, principalmente em transmissões esportivas, programas infantis, educação, programas jornalísticos e de entretenimento. O mais comum nesse tipo de aplicativo é o oferecimento de informações adicionais à programação;
- **Publicidade interativa:** uma extensão do comércio eletrônico na TV, permite que os produtos anunciados sejam comprados na mesma hora. Na seção de trabalhos relacionados é apresentado um trabalho que propõe a inserção de propagandas relevantes e personalizadas baseadas em contexto (THAWANI; GOPALAN; SRIDHAR, 2004). Na Itália a publicidade interativa é responsável por alocar uma considerável banda do fluxo de transporte (*Transport Stream*) (MORRIS; SMITH-CHAIGNEAU, 2005) e na Europa como um todo começa a ter somas significativas nos faturamentos das empresas de comunicação, com interesse principalmente por produtos esportivos e alimentícios;

- **Jogos e outras aplicações:** apesar de também se encaixar no item referente a “aplicações transversais aos canais”, os jogos representam um conjunto de aplicações de grande sucesso em algumas plataformas de TV. Especialmente projetados para a resolução da TV. Os jogos interativos podem ser tanto mono, quanto multi-usuários com o uso do canal de interatividade.

É evidente que esta proposta de divisão pode, e deve, sofrer modificações, não ficando limitada a estas aplicações, pois muitos outros novos serviços e aplicações serão idealizados. Basta imaginar que a TV Digital Interativa está cada vez mais ubíqua e ciente de contexto (assunto abordado no capítulo 5 – Ciência de Contexto), impulsionada principalmente pela expansão de novas plataformas de recepção como a TV móvel e portátil.

Pode-se então concluir que a TV está inserida na era da convergência digital devido a toda essa mudança acarretada pelo potencial oferecido pela sua evolução. Convergência esta que favorece, diante do progresso científico-tecnológico da sociedade, o compartilhamento de experiências e opiniões de forma ágil, quer sejam intelectuais ou por puro entretenimento.

Desta forma, a Figura 5 resume a evolução da chamada “TV tradicional” em direção à TV Digital Interativa.

Figura 5 – TV tradicional vs. TV Digital Interativa – adaptada de (LU, 2005)

2.2 Visão geral dos Sistemas de TV Digital e o contexto nacional

Existem atualmente três sistemas abertos de TV Digital de destaque no cenário mundial. O sistema europeu *Digital Vídeo Broadcasting* (DVB), o sistema norte-americano, *Advanced Television Systems Committee* (ATSC), e o sistema japonês, *Integrated Services Digital Broadcasting* (ISDB). Há também um quarto sistema denominado *Digital Terrestrial Multimedia Broadcast* (DTMB) que é adotado pelos chineses. Tais sistemas empregam padrões para modulação, transporte, compressão e *middleware*, sendo alguns similares e outros divergentes entre si.

As próximas seções apresentam uma visão geral dos três principais sistemas abertos mencionados, além de abordar alguns aspectos da recente implantação do Sistema Brasileiro de TV Digital.

2.2.1 Sistema norte-americano ATSC²

Quando consolidado em 1998, o ATSC teve como principal objetivo oferecer suporte a veiculação de conteúdo audiovisual em alta definição (HDTV). Em termos de compressão, foi especificado o uso do padrão MPEG-2 Vídeo para vídeo, e Dolby Digital AC-3 no caso do áudio. A multiplexação segue o padrão MPEG-2 TS. O *middleware* utilizado é o *DTV Application Software Environment* (DASE). A modulação do sinal para radiodifusão emprega o padrão 8-VSB (*8 Level – Vestigial Side Band*) em uma largura de banda de 6 MHz (possibilidade de ser escalonado para 8 MHz), podendo alcançar a taxa de transmissão de 19,4 Mbps. Os contras do 8-VSB são: tecnologia suscetível a níveis de ruídos excessivos, mau desempenho em difusão para terminais móveis e problemas de multi-percurso. O multi-percurso ocorre quando um mesmo sinal percorre caminhos diferentes, chegando em tempos também diferentes ao terminal de acesso.

Segundo conferências realizadas na NAB Show 2008 (<http://www.nabshow.com/>), após completar 10 anos de transmissões, em fevereiro

² <http://www.atsc.org/>

de 2008, a TV Digital nos Estados Unidos não chega a mais de 48% dos domicílios. Tal fato deve-se aos altos preços dos aparelhos de alta definição e da maioria dos terminais de acesso, e principalmente, ao fato de que mais de 80% da população norte-americana possui TV por assinatura. Esse cenário é agravado ao saber que a transição final para o sistema digital está marcada para fevereiro de 2009.

Além dos Estados Unidos, o ATSC também foi adotado pelo Canadá, México, Coréia do Sul e Taiwan.

2.2.2 Sistema europeu DVB³

O consórcio europeu DVB, fundado em 1993 como resultado da união de grandes empresas européias (públicas e privadas), principalmente alemãs, francesas e britânicas, desenvolveu uma família de padrões para transmissão digital: DVB-S para satélite, DVB-C para cabo, DVB-MC e DVB-MS para microondas, além do próprio DVB-T para transmissão terrestre aberta. Apesar de criado em 1993, o início das operações comerciais deu-se em 1998.

O padrão MPEG-2 Video foi escolhido inicialmente pelo DVB para a codificação de vídeo e MPEG-2 Layer II para áudio. Especificações recentes do sistema DVB apontam para o uso do padrão MPEG-4 Parte 10, também conhecido como H.264, para a codificação de vídeo, assim como o padrão MPEG-4 AAC para o áudio. A multiplexação, assim como o ATSC, também segue o padrão MPEG-2 TS. O *middleware* empregado é o *Multimedia Home Platform* (MHP), sendo que é importante destacar que o DVB é um sistema que privilegia a interatividade.

O DVB-T utiliza modulação do tipo COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) com largura de banda original de 8 MHz, e a taxa de transmissão pode alcançar 31 Mbps, dependendo dos parâmetros utilizados na modulação do sinal. Este tipo de modulação oferece algumas vantagens em comparado com o 8-VSB, dentre elas está a maior imunidade aos problemas de multi-percurso e a possibilidade de recepção móvel.

³ <http://www.dvb.org/>

Alguns países da União Européia (em destaque o Reino Unido) e a Austrália em 2001, são exemplos de países que adotaram o DVB.

2.2.3 Sistema japonês ISDB⁴

O sistema ISDB foi estabelecido em 1999 por várias empresas e operadoras de televisão japonesas e é mantido pela organização *Association of Radio Industries and Businesses* (ARIB). Assim como o DVB, foram especificados vários padrões para transmissão digital (ISDB-C, ISDB-S e ISDB-T). O início das transmissões digitais deste sistema foi a mais tardia dentre os três, tendo começado a operar em 2003.

A compressão de vídeo, similar aos dois sistemas anteriores, utiliza o padrão MPEG-2 Video. O áudio segue o padrão MPEG-2 AAC (*Advanced Audio Coding*). A multiplexação é um consenso entre os sistemas, ou seja, utiliza também o padrão MPEG-2 TS. O *middleware* é composto pelos padrões ARIB STD-B24 (*Data Coding and Transmission Specification for Digital Broadcasting*), que define uma linguagem declarativa denominada BML (*Broadcast Markup Language*); e ARIB STD-B23 (*Application Execution Engine Platform for Digital Broadcasting*), que é baseada na especificação do MHP.

Em termos de modulação, o ISDB utiliza a modulação BST-OFDM (*Band Segmented Transmission – OFDM*), que corresponde ao COFDM com algumas variações favorecendo a recepção de sinais em dispositivos móveis, com largura de banda original de 6 MHz e taxa de transferência de 24 Mbps. É apontado como o mais flexível de todos os sistemas por responder melhor a necessidades de mobilidade e portabilidade, aspectos estes que foram privilegiados na especificação do sistema. É compatível com o sinal de telefonia 3G.

Apenas o Japão adotou este sistema de TV Digital.

⁴ <http://www.dibeg.org/>

2.2.4 Sistema Brasileiro de TV Digital

Para muitos cidadãos brasileiros, a TV, analógica e gratuita, é o principal meio de entretenimento e informação. Ela está presente em 99% do território brasileiro e em mais de 95% dos domicílios (BITTENCOURT, 2007). Desta forma, esta capilaridade torna a TV o meio mais apropriado para oferecer o primeiro contato com o mundo digital ao segmento menos favorecido da sociedade brasileira.

Instituído através do Decreto 4.901 (SBTVD, 2003), de 26.11.2003, o Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre (SBTVD-T) tem como finalidade proporcionar de maneira eficiente e eficaz a interatividade e o conseqüente desenvolvimento de novas aplicações, que ofereçam, além de entretenimento à população, a inclusão social promovida pela educação, potencialização da diversidade cultural e o pleno exercício da cidadania (FILHO, 2007).

Neste decreto também foram levantados outros aspectos-chave. Dentre eles, o Sistema Brasileiro deve oferecer garantia de sinal estável e robusto na recepção, assegurar os menores preços aos produtos de TV Digital, e deve considerar os requisitos de mobilidade e portabilidade, de modo a atender as condições da maioria da população brasileira, ou seja, promover a universalização de seu uso.

Como pode ser visto, são muitas as vantagens inerentes à digitalização da TV no Brasil. Em termos práticos, espera-se que a TV Digital ofereça a população brasileira acesso a serviços públicos que favoreçam a inclusão digital, como por exemplo: comunicação direta com órgãos de governo, marcação de consultas no Sistema Único de Saúde (SUS), verificação de dados da Previdência, programas de educação a distância etc. E, num futuro próximo, ser possível assistir a TV em movimento (no caminho do trabalho, por exemplo) por meio de celulares e aparelhos de TV instalados em trens, ônibus, metrô, táxis ou veículos particulares.

O Governo Federal, em vez de aceitar um padrão totalmente desenvolvido no exterior, optou por mobilizar cientistas, pesquisadores e as empresas brasileiras em busca do sistema mais adequado às características da televisão aberta brasileira, que, conforme visto, chega gratuitamente a mais de 90% dos lares brasileiros. Foram formados 22 consórcios, envolvendo 106 universidades, institutos de pesquisa e empresas privadas (FILHO, 2007).

Em 2006 entrou em vigor um novo Decreto (nº 5820, assinado em 29 de junho de 2006) dispondo sobre a implantação do Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD, 2006). Neste decreto foi definido que o Sistema Brasileiro de TV Digital deveria adotar um sistema original (resultado dos estudos dos consórcios), nipo-brasileiro, baseado no padrão japonês de modulação ISDB-T (tecnologia BST-OFDM), incorporando algumas inovações tecnológicas desenvolvidas no Brasil. Foram determinados também os prazos para a transmissão digital entrar em operação comercial nas diversas localidades do país.

A tecnologia de modulação escolhida permite o uso do modelo *one segment* (1seg) – caracterizada pela transmissão de sinais que são captados por terminais portáteis e móveis, a partir da banda de frequência usada para terminais fixos, sem a utilização de outras redes de conexão e sem custos adicionais para o consumidor. Esta tecnologia permite a recepção em aparelhos instalados em veículos mesmo em alta velocidade.

Entre as inovações propostas pelo Brasil estão a adoção do sistema de compressão de vídeo H.264 e o *middleware* brasileiro Ginga⁵. A arquitetura do *middleware* Ginga suporta a execução de aplicações que seguem dois paradigmas de programação diferentes: procedural (SOUZA FILHO; LEITE; BATISTA, 2007), baseado na linguagem Java; e declarativo (SOARES; RODRIGUES; MORENO, 2007), baseado na linguagem NCL (*Nested Context Language*).

Atualmente, o Sistema Brasileiro de TV Digital passou a ser denominado ISDB-TB (*International Service Digital Broadcasting - Terrestrial Brazil*).

2.3 TV-Anytime

O TV-Anytime Fórum (TV-ANYTIME, 1999) é uma associação de organizações formada em 1999 responsável por desenvolver um conjunto de especificações abertas para sistemas integrados e interoperáveis possibilitando que provedores de conteúdo, provedores de serviço e consumidores (usuários) sejam capazes de manipular conteúdo digital em dispositivos com capacidade de

⁵ Middleware Aberto do Sistema Brasileiro de TV Digital – <http://www.ginga.org.br/>

armazenamento digital. Este tratamento consiste em possibilitar o processo de busca, seleção, aquisição, captura e apresentação de conteúdo digital no domínio da TV Digital Interativa independente do meio de entrega.

Foram definidas duas fases de trabalho pelo TV-Anytime Fórum. A primeira fase está focada em serviços entregues com a ausência de um canal de retorno, enquanto que na fase seguinte assume a presença de um canal de retorno estabelecido, podendo apresentar diversas novas funcionalidades, como por exemplo, a personalização de usuário baseada nas suas preferências.

Os principais objetivos do TV-Anytime são (EVAIN; MURRET-LABARTHE, 2003): (i) assegurar que os usuários tenham acesso a conteúdo personalizado (isto é, de acordo com o seu interesse específico) proveniente de diversos provedores de conteúdo; (ii) agregar valor ao conteúdo, permitindo que os usuários acessem e utilizem este conteúdo quando e onde eles desejarem, sem que haja restrição; (iii) independência de tecnologia no que se refere aos meios de transmissão (camada de transporte) e recepção de conteúdo ao consumidor (iv) desenvolver especificações para permitir a interoperabilidade e integração entre sistemas; (v) especificar as estruturas de segurança necessárias para proteger os interesses de todas as partes envolvidas. Para melhor separação no tratamento desses objetivos o TV-Anytime é dividido em quatro grupos de trabalho (TV-ANYTIME, 1999): modelo de negócios; sistema, interface de transporte e referência ao conteúdo; metadados; e gerenciamento de direitos autorais. Neste capítulo são descritos a arquitetura sistêmica e os modelos de negócios propostos pelo TV-Anytime. Já os metadados desenvolvidos pelo TV-Anytime serão vistos no capítulo 3, inteiramente dedicado a este assunto.

2.3.1 Arquitetura do TV-Anytime

A arquitetura de sistema genérica do TV-Anytime pode ser vista como uma composição de três elementos principais: provedor de serviços, provedor de transporte e o terminal de acesso. O terminal de acesso também é comumente chamado de PDR (*Personal Digital Recorder*), pois se refere a um dispositivo capaz de manipular (armazenar e visualizar) o conteúdo digital de modo personalizado. No

entanto, a análise dos mecanismos internos deste sistema conduz a decomposição em um modelo funcional de referência, descrito pela Figura 6 (TV-ANYTIME, 2007a).

Cada um dos retângulos, conhecidos de elementos funcionais, é uma função do sistema TV-Anytime e pode ser implementado de diversas maneiras diferentes por diversos provedores de serviço. A função de acesso é descrita como uma nuvem, e simboliza uma função de conectividade entre os elementos funcionais. O sistema de gerenciamento de direitos e segurança é essencial para o sistema como um todo (TV-ANYTIME, 2005).

Figura 6 – Elementos Funcionais do TV-Anytime – traduzida de (TV-ANYTIME, 2007a)

O fluxo básico do conteúdo no modelo é representado pela linha contínua, os fluxos de metadados são indicados pela linha pontilhada e o controle e outros dados relacionados ao sistema são descritos pela linha tracejada. O conteúdo flui do criador de conteúdo (autor do conteúdo), a um fornecedor de conteúdo (empacota o conteúdo) ao gerenciamento de armazenamento local (armazena o conteúdo). O conteúdo é entregue para uma função de apresentação que decodifica e apresenta o conteúdo para o usuário.

Na arquitetura definida pelo TV-Anytime um usuário pode realizar buscas, navegar e selecionar um programa ou serviço sem que haja necessidade de especificar a localização ou quando este programa estará disponível. Quando o

usuário executa qualquer uma destas operações é retornado um CRID (*Content Reference Identifier*). Portanto CRID é um identificador que referencia um conteúdo independentemente da sua localização ou momento que estará disponível (LUGMAYR; NIIRANEN; KALLI, 2004). A sua sintaxe é a seguinte:

`crid://<authority>/<data>`

onde,

<authority> utiliza as regras de nomeação do TV-Anytime, sendo que esta nomeação está baseada no uso do DNS (*Domain Naming System*).

<data> possui um formato livre de *string* que é concordante com URI (*Uniform Resource Identifier*).

Exemplos de CRID:

`crid://futureinteractiontv.org/program`

`crid://broadcaster.larc.usp.br/NetworkLesson1`

O TV-Anytime utiliza o elemento funcional Resolução de Localização para traduzir um CRID em outros CRIDs ou em localizadores, sendo que estes retornam a localização espacial e temporal do conteúdo (TV-ANYTIME, 2007d). Exemplos de possíveis localizações são: canal de difusão com data e hora de transmissão, uma URL da Internet ou até mesmo um ponteiro para o sistema de arquivo local. A Tabela 1 apresenta uma breve descrição dos demais elementos funcionais (TV-ANYTIME, 2007a; GOULART, 2003).

Tabela 1 – Descrição sucinta dos elementos funcionais do TV-Anytime

Elemento Funcional	Descrição das Funcionalidades
Criação de Conteúdo	Produz os programas / serviços de TV e os seus respectivos metadados relacionados.
Fornecimento de Conteúdo	Agrega o conteúdo de várias fontes produtoras e transfere o conteúdo (programas / serviços de TV, metadados e informações referentes à propriedade intelectual) para os usuários.
Gerenciamento de Armazenamento Local	Permite gravar, exibir e apagar conteúdo e metadados relacionados.

Apresentação de Conteúdo	Decodifica e apresenta o conteúdo para o usuário.
Interação com o Usuário	<p>Compreende as interações do usuário com o conteúdo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aborda as requisições de conteúdo realizadas pelos usuários. • Realiza a interface para utilização do elemento Busca e Navegação. • Pode utilizar o elemento Resolução de Localização para obter a real localização do conteúdo solicitado. • Controla a aquisição do conteúdo após ser selecionado pelo usuário. Em um modelo “pull”, este componente pode representar uma requisição ao provedor de serviços, e em um modelo “push” o sistema deve escutar as entradas do usuário e agir no conteúdo que chega pela difusão.
Busca e Navegação	É um serviço disponível para o usuário, ou um agente executando em nome do usuário, para buscar selecionar o conteúdo desejado. Este elemento funcional utiliza informação do maior número de fontes possível, tais como provedores de serviço. O serviço / agente utiliza essas informações como entrada durante a fase de busca, produzindo como saída um CRID a ser usado pelo elemento Resolução de Localização.
Acesso	Fornece a conexão que permite informações e conteúdo serem transferidos de um elemento funcional para outro, o que inclui qualquer tipo de sistema de transmissão (pode ser um sistema de difusão ou uma rede do canal de retorno).
Gerenciamento de Direitos e Segurança	É responsável pela proteção e manutenção do controle sobre o consumo de conteúdo, particularmente em casos onde a duplicação de material digital pode ser usada para criar ou burlar novos modelos de negócios. Isso inclui gerenciamento e proteção dos direitos sobre o conteúdo, políticas de distribuição e privacidade.

2.3.2 Modelos de negócios do TV-Anytime

O TV-Anytime Fórum definiu três modelos de negócios que tratam as funcionalidades do sistema (TV-ANYTIME, 2000): modelo de difusão, modelo de canal de retorno intermitente e modelo bidirecional em banda larga.

2.3.2.1 Modelo de Difusão

O modelo de difusão, também conhecido como modelo “*push*” básico, está relacionado a sistemas de TV Digital Interativa onde a entrega de conteúdo é unidirecional, ou seja, sem a presença de canal de retorno (transmissão terrestre via canal de difusão). A única forma de enriquecer a experiência do usuário, através da personalização, por exemplo, é utilizar as informações das preferências e do perfil do usuário armazenados localmente.

2.3.2.2 Modelo de Canal de Retorno Intermitente

O segundo modelo de negócios proposto pelo TV-Anytime mantém as funcionalidades do modelo de difusão e supõe a utilização de um canal de retorno limitado. Este canal de comunicação permite, por exemplo, que os usuários informem ao provedor de serviços as suas seleções de conteúdo, perfis e outras solicitações. Do ponto de vista dos provedores de serviço é possível conhecer melhor o seu público alvo através das informações obtidas e criar conteúdo personalizado segundo tais informações. Devido a tal característica, este modelo também é conhecido como modelo de resposta do usuário.

2.3.2.3 Modelo Bidirecional em Banda Larga

O modelo bidirecional em banda larga (ou modelo de interatividade completa) é o mais completo dos três, pois acrescenta novas características às dos dois modelos anteriores. Este modelo prevê a utilização de um canal de retorno permanente (redes de banda larga) sendo baseado na integração entre múltiplos provedores de conteúdo, provedores de serviço e Internet. Nesse cenário, múltiplos provedores de conteúdo abastecem provedores de serviço com base nos requisitos estabelecidos nos perfis dos usuários, dando suporte também ao comércio

eletrônico (*T-commerce*), tudo em tempo real. Os usuários podem requisitar, em tempo real, o conteúdo armazenado no provedor, ou seja, um serviço similar ao vídeo sob demanda.

2.3.2.4 Considerações em relação à arquitetura sistêmica

Os modelos de negócios propostos ditam onde localizam-se os elementos funcionais da arquitetura de sistema do modelo funcional de referência do TV-Anytime, apresentados na seção 2.3.1.

No modelo de difusão e no modelo de canal de retorno intermitente, apenas três elementos funcionais não estão no terminal de acesso (PDR): Criação de Conteúdo, Fornecimento de Conteúdo e Acesso. A comunicação entre o usuário (elemento funcional Gerenciamento de Armazenamento Local) e o provedor de serviços (elemento funcional Fornecimento de Conteúdo) pode ser usada, por exemplo, para enviar dados referentes ao histórico de uso ou preferências de um usuário consentido (TV-ANYTIME, 2007a). A função desempenhada pela Criação de Conteúdo pode ser satisfeita pelos estúdios produtores de filmes, empresas do ramo de entretenimento, desenvolvedores de serviços de TV (*T-learning*, *T-government*). Uma empresa de difusão (emissora de TV) pode assumir o papel do elemento funcional Fornecimento de Conteúdo, empacotando diferentes conteúdos, adicionando metadados e difundindo o conteúdo. E, por fim, as operadoras de cabo e por satélite, tipicamente, provêm a função Acesso. As demais funções restantes residem no terminal de acesso. A Busca e Navegação (desempenhada pelo EPG, por exemplo) terão como base os metadados difundidos que informam o conteúdo disponível. Outra observação importante é a de que como a Resolução de Localização deve ser local, isso implica que os dados para tal resolução também devem ser transmitidos para os usuários pelo canal de difusão.

No modelo bidirecional em banda larga o cenário é outro. Neste caso, os seguintes elementos funcionais são externos ao terminal: Busca e Navegação, Resolução de Localização, além de Criação de Conteúdo, Fornecimento de Conteúdo e Acesso. O Acesso deve ser fornecido, de modo geral, por operadoras de telecomunicação, no entanto podem ser as operadoras de TV provendo a função

de acesso. A Criação de Conteúdo pode ser feita pelas empresas já citadas nos modelos anteriores (difusão e canal de retorno intermitente) e também por desenvolvedores Web (mundo da Internet) ou até mesmo pelos próprios usuários consumidores. Já o elemento Fornecimento de Conteúdo é estendido, além das próprias emissoras de difusão, aos *webcasters* e provedores de portais. A função de Busca e Navegação pode ser desempenhada por uma empresa que forneça um “web-EPG”, ou seja, diferentemente do que ocorre nos outros modelos, esta funcionalidade não fica restrita ao que está presente no terminal de acesso. A Resolução de Localização também passa a ser remota. Como é o esperado também para esse cenário, o terminal de acesso continua responsável pelos outros elementos funcionais que são de natureza local: Gerenciamento de Armazenamento Local, Apresentação de Conteúdo e Interação com o Usuário.

2.4 Considerações adotadas no trabalho

Quando analisada a TV Digital Interativa, o cenário considerado neste trabalho não está sob análise do ponto de vista de regulamentação, apesar de ser considerado um dos pilares do estágio evolutivo da TV, além do desenvolvimento tecnológico e científico.

Diante dos modelos de negócio definidos pelo TV-Anytime, o primeiro (modelo de difusão, seção 2.3.2.1) deve ser descartado como abordagem para a solução proposta nesta pesquisa, pois a limitação deste modelo está exatamente em não prever nenhuma comunicação entre o usuário e o provedor de serviços, inviabilizando assim a sua adoção. Vale destacar que este trabalho prevê a utilização de dois subsistemas: provedor de serviços e dispositivo do usuário (descritos em detalhes no capítulo 8 que aborda a infra-estrutura CollaboraTVware).

Apesar de ser preferível o modelo bidirecional em banda larga, o próprio modelo de canal de retorno intermitente já é adequado para atender as características de TV Digital Interativa que se pretende explorar neste trabalho, pois ao considerar a presença de um canal de retorno, mesmo que não permanente, viabiliza assim a transmissão de dados ao provedor de serviços (requisito essencial à infra-estrutura). A função desempenhada pelo elemento funcional Acesso da

arquitetura sistêmica do TV-Anytime pode ser fornecida por uma operadora de telecomunicação.

Uma vez definido o modelo de negócio a ser adotado, por questões de delimitação de escopo, algumas características devem ser atendidas:

- Existência de canal de retorno, visto que informações precisam ser enviadas aos provedores de serviço;
- Suporte a pilha de protocolos TCP/IP no canal de retorno do dispositivo do usuário;
- Capacidade de recepção e persistência de metadados padronizados no dispositivo do usuário.

3 Metadados na Descrição de Conteúdo

A palavra metadados é de origem grega, onde “meta” significa “sobre”, portanto metadados corresponde, literalmente, a expressão “dados sobre dados”, uma definição padrão compartilhada por um grande número de autores (LUGMAYR; NIIRANEN; KALLI, 2004). Metadados significam dados que são acompanhados por outros dados que os descrevem (semântica e sintaticamente) pelos quais é possível estruturar, manipular, representar e gerenciar as informações em diversos ambientes.

A aplicabilidade de metadados é ilimitada, inclusive cobrindo diversas áreas da computação tais como: Sistemas de Informação Geográfica, Educação à Distância, Data Warehouses, Web Semântica, Serviços Web, dentre outras. Assim, podem-se citar algumas formas de utilização de metadados: (i) interoperabilidade entre objetos distribuídos em plataformas distintas; (ii) troca padronizada de dados entre componentes distribuídos; (iii) padronização de objetos de aprendizagem; (iv) descrição dos serviços e conteúdo multimídia; e até mesmo (v) representação de informações contextuais (ALVES et al., 2006).

Diante deste cenário, é evidente que o aumento do grau de complexidade no desenvolvimento de aplicações impulsionou o surgimento e a consolidação de padrões (IEEE/LTSC, 2002; SHADBOLT; HALL; BERNERS-LEE, 2006; ALONSO et al., 2004).

3.1 Metadados aplicados no cenário da TV Digital Interativa

Em TV, as pessoas muitas vezes desejam conhecer, por exemplo, alguns detalhes acerca de um show que será televisionado tais como o título do show, o perfil dos integrantes da banda, o horário certo que será transmitido, dentre outros – em outras palavras, elas desejam obter informações relacionadas ao show (COX; MULDER; TADIC, 2006).

Porém o uso de metadados não está limitado ao exemplo anterior, sendo considerada uma tecnologia poderosa que oferece suporte a descrição e a correspondente interpretação semântica neste cenário. O seu emprego em sistemas de TV Digital Interativa se deve à necessidade de incorporar informações a dados de mídias responsáveis por descrever cada etapa de processamento dos dados, os variados tipos de codificação, a identificação da fonte, as condições de acesso, os perfis de usuário no uso de conteúdos, dentre outras maneiras de aplicar os metadados.

Na TV Digital Interativa os metadados devem ser usados, essencialmente, para representar as informações sobre os serviços e descrever os conteúdos multimídia transmitidos por canal de difusão ou canal de retorno. Somente por meio dos metadados é possível viabilizar o desenvolvimento de serviços difundidos em canal de difusão.

De acordo com Lugmayr; Niiranen e Kalli (2004), nos sistemas atuais de TV Digital (DVB, ATSC e ISDB), a transmissão de informações está puramente baseada nas definições de metadados das tabelas de informações de serviços (SI – *Service Information*). As tabelas SI estendem as tabelas PSI (*Program Specific Information*) do padrão MPEG-2 definindo um conjunto de estruturas que possuem dados descritivos que carregam informações de serviços específicas do domínio da TV Digital. O uso de tais tabelas facilita a criação, o tratamento, e a rápida extração das informações.

No entanto as tabelas SI são consideradas metadados rígidos. Metadados rígidos são aqueles destinados a um propósito específico e que não passam por uma padronização de metadados passível de ser customizável. Muitos serviços necessitam de informações mais detalhadas e que não conseguem ser definidas de maneira satisfatória dentro das tabelas SI. Assim, surgiu a necessidade de se padronizar metadados flexíveis, ou seja, metadados que apresentem estruturas customizáveis para atender os novos serviços em cenários mais complexos.

Diversos esforços têm sido feitos dentro da comunidade multimídia e de TV de forma a prover um modelo semântico comum. Neste cenário há os modelos de descrição propostos pelo grupo MPEG (MPEG-7/21) e pelo TV-Anytime Fórum (TV-Anytime), sendo este último voltado especificamente para o domínio da TV Digital Interativa.

Estes potenciais padrões usados no cenário da TV Digital Interativa serão apresentados nas seções a seguir. Tais seções irão dar um foco maior nas partes essenciais dos padrões mencionados, dado que são bem amplos. Porém, antes de abordá-los, será apresentada uma breve descrição do XML, visto que este é um formato de representação comum (base de outras linguagens), conforme mostra a Figura 7.

Figura 7 – Categorização dos diversos padrões de metadados e suas dependências (ALVES et al., 2006)

3.2 XML e Esquema XML

XML (*eXtensible Markup Language*) trata-se de uma linguagem extensível (meta-linguagem) padronizada pelo World Wide Web Consortium (W3C, 2006) com a qual é possível criar elementos de acordo com a aplicação que estiver sendo modelada, dando importância ao conteúdo e à estrutura da informação, sem haver preocupação com a apresentação. Diferentemente do XML, o HTML é um exemplo típico de linguagem que possui elementos relacionados com a forma que o conteúdo deve ser apresentado. Pode-se dizer que a linguagem XML viabiliza a representação e o uso de documentos estruturados.

```
<livro>
  <titulo>Desenvolvendo em Java</titulo>
  <autor>Pedro Lima</autor>
  <editora>Campus books</editora>
  <assunto>informatica-programacao</assunto>
  <isbn>0194977470</isbn>
  <edicao>3a</edicao>
  <preco>R$25</preco>
</livro>
```

Figura 8 – Exemplo de um documento XML

A Figura 8 ilustra um exemplo de um documento XML (ou instância XML, como também é conhecido) utilizado em uma livraria para descrever um livro a venda. É importante notar que não há nenhuma identificação de como este documento deve ser apresentado ao usuário, apenas a descrição do conteúdo, um livro, de forma estruturada.

A interpretação ou *parsing* de um documento XML ocorre através da utilização de um interpretador, que é responsável por analisar o documento obtendo suas informações de conteúdo para processamento.

Um documento XML pode ou não estar associado a uma linguagem específica que define sua estrutura, seu conteúdo e sua semântica, sendo que estas definições podem ser formalizadas através da criação de um *Esquema XML* (do inglês, *XML Schema*), por meio de arquivos XSD (*XML Schema Definition*) (W3C, 2001). Com Esquemas XML é possível especificar construções particulares que restringem a estrutura e o conteúdo dos documentos.

Além de serem usados para a criação de documentos XML, os Esquemas XML também possibilitam a validação destes documentos. Um documento XML é dito válido se estiver de acordo com a estrutura do Esquema fornecido (Figura 9). Não confundir com o conceito de documento XML bem formado que significa que um documento está sintaticamente correto, ou seja, segue as restrições sintáticas.

Figura 9 – Validação de documento XML

Os principais componentes que compõem um Esquema XML são:

- Espaço de nomes (do inglês, *namespaces*);
- Declaração de elementos – permite a ocorrência de elementos com nomes e tipos determinados;
- Declaração de atributos – permite a ocorrência de atributos com nomes e tipos simples determinados;
- Definição de tipos simples, complexos, derivados, abstratos e anônimos – definem os componentes internos de um Esquema, podendo ser reutilizados em outros componentes de Esquema.

O espaço de nomes é uma forma de evitar conflito de nomes atribuídos aos elementos. Assim, um documento XML pode conter elementos de mesmo nome, porém definidos em vocabulários XML distintos (domínios de aplicação diferentes que ocasionam semânticas também diferentes). Para isso basta indicar qual vocabulário determinado elemento representa. Desta forma é possível utilizar múltiplos Esquemas em um documento XML ou até mesmo serem reusados para criar novos Esquemas, como é o caso desta pesquisa.

Para representar o espaço de nomes, algumas declarações iniciais obrigatórias devem existir em um Esquema XML. Estas declarações correspondem a alguns atributos chave no elemento `<schema>`. São eles:

- `targetNamespace="URI"` – identifica o Esquema corrente.

- `xmlns:prefix="URI"` – referência a Esquemas importados e identificados pelo prefixo `prefix`. Também pode ser atribuído um prefixo ao Esquema corrente.
- `xmlns="URI"` – considerado espaço de nomes padrão caso não seja declarado o prefixo. Conseqüentemente os elementos não necessitam de prefixo.

O endereço utilizado para identificar um espaço de nomes, como visto, é um URI (*Uniform Resource Identifier*). O URI corresponde a uma string que identifica um recurso na Internet. O URI mais conhecido é a URL (*Uniform Resource Locator*), outro é a URN (*Universal Resource Name*) – identificador que independe da localização do recurso.

A Figura 10 apresenta um exemplo de um Esquema com alguns componentes. Neste exemplo é possível verificar que o `targetNamespace` é identificado por meio de um URI do tipo URL (<http://www.larc.usp.br/~luizgpa/collaboraTVware/>). Adicionalmente, há uma referência a um Esquema importado do MPEG-7 (`xmlns:mpeg7`) que é do tipo URN (`urn:tva:mpeg7:2005`).

```

<schema
targetNamespace="http://www.larc.usp.br/~luizgpa/collaboraTVware/"
  xmlns:mpeg7="urn:tva:mpeg7:2005"
...>

  <!-- Declaração de elemento -->
  <element name="Users" type="UsersType"/>

  <!-- Declaração de tipo complexo -->
  <complexType name="UsersType">
    <complexContent>
      <sequence>
        <!-- Declaração de elementos -->
        <element name="Name" type="NameType"/>
        <element name="Age" type="nonNegativeInteger"/>
        <element name="Preferences" type="mpeg7:UserPreferencesType"/>
        ...
      </sequence>
      <!-- Declaração de atributo -->
      <attribute name="id" type="nonNegativeInteger" use="required"/>

    </complexContent>
  </complexType>
  ...
  <!-- Declaração de tipo simples -->
  <simpleType name="NameType">
    <restriction base="string">
      <pattern value="[A-Za-z]"/>
    </restriction>
  </simpleType>
  ...
</schema>

```

Figura 10 – Exemplo de componentes de um Esquema XML

Dando continuidade ao exemplo, há a declaração de um elemento denominado `Users` que é de um tipo complexo (`UsersType`) definido e declarado no próprio Esquema corrente. Já este tipo complexo é composto por uma sequência de elementos e um atributo (`id`). É interessante notar também que o elemento `Preferences` é de um tipo importado do MPEG-7 (`mpeg7:UserPreferencesType`).

Esta seção fez uma breve descrição do XML e de Esquema XML, pois é a base para os padrões de metadados flexíveis a serem empregados nesta pesquisa.

3.3 MPEG-7

O MPEG-7 (ISO/IEC 15938-1, 2004) é um padrão ISO/IEC desenvolvido pelo MPEG (*Moving Picture Experts Group*) – mesmo grupo que desenvolveu os padrões MPEG-2 e MPEG-4. Ele é formalmente conhecido como “interface de descrição de conteúdo multimídia”, pois especifica um conjunto de descritores que podem ser usados na identificação de diversos tipos de conteúdos multimídia. Esse padrão busca uma maneira mais generalizada de conteúdo, podendo fazer referência aos objetos de outros padrões (ALVES et al., 2006).

O escopo do MPEG-7 está exclusivamente na descrição do conteúdo. Tanto a geração, quanto o consumo das informações de descrição não são contemplados pelo padrão.

A descrição de um conteúdo multimídia segundo o MPEG-7 é feita basicamente através de um conjunto de descritores (do inglês, *Descriptor* – D), onde cada descritor contém uma informação a respeito do conteúdo que está sendo descrito sintática e semanticamente. Por exemplo, quando se está descrevendo um filme, pode-se ter um descritor que contenha o título, outro descritor com a informação do gênero e da mesma maneira um conjunto de descritores para cada um dos tipos de informação considerada pelo padrão.

Há também os Esquemas de descrição (do inglês, *Description Schemes* – DS) que são responsáveis por especificar a estrutura e a semântica dos relacionamentos entre seus componentes, que podem ser descritores ou até mesmo outros Esquemas de descrição.

A organização do padrão MPEG-7 dá-se em diversas partes, cada uma abordando um aspecto da especificação. As principais são (ISO/IEC 15938-1, 2004):

- **Sistema** – especifica o formato de codificação para transporte e armazenamento dos descritores. Responsável também por descrever a arquitetura dos terminais MPEG-7;
- **Linguagem de Definição de Descrição (do inglês, *Description Definition Language* – DDL)** – é a linguagem que define as regras sintáticas para elaborar e definir relacionamentos entre os descritores e

Esquemas de descrição. Permite também a extensão e modificação dos Esquemas de descrição existentes. O DDL é baseado em Esquemas XML (W3C, 2001);

- **Visual** – conjunto de descritores e Esquemas de descrição relacionados com conteúdos visuais;
- **Áudio** – semelhante à parte anterior, porém relacionado à descrição de áudio;
- **Esquemas de Descrição de Multimídia (do inglês, *Multimedia Description Schemes – MDS*)** – compreende o conjunto de descritores e Esquemas de descrição que abordam as características genéricas de conteúdos multimídia.

Conforme pode ser visto na Figura 11, o MDS (*Multimedia Description Schemes*) é agrupado em cinco diferentes classes conforme a sua funcionalidade.

Figura 11 – Visão geral do MPEG-7 *Multimedia Description Schemes* (MDS) – traduzida de (ISO/IEC 15938-5, 2003)

Este trabalho se propõe a estudar e explorar os metadados do MPEG-7 relacionados à classe interação com o usuário (*user interaction*). Nesta classe definem-se as preferências (UserPreferences DS) e históricos do usuário

relacionados ao consumo de conteúdo multimídia (UsageHistory DS) que são abordados a seguir.

3.3.1 Esquema de Descrição de Preferências do Usuário (UserPreferences DS)

O UserPreferences DS descreve as preferências do usuário relacionadas ao consumo de conteúdo multimídia. Os descritores de preferência são correlacionados com os descritores de mídia para realizar operações de busca, filtragem, seleção e consumo do conteúdo desejado. A correspondência entre as preferências de usuário e os descritores de mídia facilita a personalização precisa e eficiente do acesso e consumo de conteúdo.

Há diversos cenários de uso que são viabilizados pelos Esquemas abordados por este DS, incluindo os seguintes (TV-ANYTIME, 2007b):

- Identificação de múltiplos usuários;
- Filtragem de acordo com uma rica combinação das preferências do usuário (gêneros e canais favoritos, títulos, horários de preferência, formato de mídia etc);
- Especificação de preferências (por um ator favorito, por exemplo) com uma duração de tempo em particular;
- Especificação de palavras-chave preferidas ligadas com outras preferências, tais como gênero (notícias, por exemplo);
- Descrição do desejo do usuário de manter todos os dados de preferência, ou partes selecionadas, privativos;
- Descrição de preferências por tipos particulares de destaque (destaque de determinada duração ou destaques compostos por segmentos que contenham determinados eventos, por exemplo);
- Troca de perfis pessoais sob controle do usuário;
- Especificação de perfis para diferentes países.

O UserPreferences DS está associado com um usuário em particular (ou um grupo de usuários) por meio do UserIdentifier DS. No entanto, o diagrama do UserPreferences DS contém dois componentes principais, são o BrowsingPreferences DS e FilteringAndSearchPreferences DS (vide Figura 12).

Figura 12 – UserPreferences DS sumarizado (ISO/IEC 15938-5, 2003)

O BrowsingPreferences DS pode ser usado para especificar as preferências sobre a forma como o conteúdo é consumido e contém o SummaryPreferences DS.

O FilteringAndSearchPreferences DS pode ser usado para especificar as preferências sobre o tipo de conteúdo a ser buscado (pesquisado), filtrado, selecionado e consumido. Este DS é composto pelo ClassificationPreferences DS, CreationPreferences DS e SourcePreferences DS.

O ClassificationPreferences DS é usado para especificar as preferências do usuário com relação à classificação do conteúdo, como por exemplo o gênero, o idioma e o país de origem. O CreationPreferences DS é usado para especificar as preferências do usuário relacionadas com a criação descrição do conteúdo audiovisual, como preferência sobre um determinado título, ou um ator preferido, ou período de tempo em que o conteúdo foi criado. Já o SourcePreferences DS é usado para especificar as preferências relacionadas à codificação de áudio e vídeo, assim como o seu meio de divulgação, ou seu distribuidor ou editor.

De modo geral, as descrições de preferências do usuário podem ser construídas manualmente ou automaticamente, ou seja, baseada em entrada de informações por parte do usuário de maneira explícita ou implícita (histórico de uso, por exemplo) conforme será abordado no capítulo 4.

O objetivo desta seção não foi apresentar em detalhes a especificação da sintaxe e da semântica do UserPreferences DS, apenas uma visão geral do potencial oferecido pelo padrão. Maiores informações podem ser obtidas nas especificações produzidas pelo grupo MPEG (ISO/IEC 15938-5, 2003).

3.3.2 Esquema de Descrição de Histórico de Uso (UsageHistory DS)

Além do UserPreferences DS visto na seção anterior, há também o UsageHistory DS presente na classe de interação com o usuário do MPEG-7 MDS. Este DS é responsável por descrever as informações de histórico de uso obtidas em um determinado período de tempo. O histórico de uso coletado prove uma lista de ações realizadas pelo usuário por um período de observação, que pode ser posteriormente utilizada pelos métodos de análise automática para gerar, por exemplo, as preferências do usuário.

A coleta e representação de informações de histórico de uso em um formato padronizado são relevantes para várias áreas de aplicação e cenários de uso. No caso da TV Interativa, o TV-Anytime Fórum identificou alguns cenários, nos quais incluem (TV-ANYTIME, 2007b):

- Monitoração do conteúdo visto por membros de uma família;
- Construção de um EPG personalizado por meio da monitoração dos hábitos diários;
- Venda do histórico de conteúdo visto para anunciantes e/ou provedores de serviço;
- Monitoração do conteúdo consumido para prover uma produção mais eficiente e dirigida de conteúdo.

Assim como o UserPreferences DS, o UsageHistory DS também está associado com um usuário por meio do UserIdentifier DS. O histórico de uso é especificado pelo UserActionHistory DS, que contém um conjunto de listas de múltiplas ações, descritas pelo UserActionList DS, executadas pelo usuário durante um período da observação (ObservationPeriod). É importante dizer que estas ações

não são sobrepostas no tempo, ou seja, ocorrem em momentos distintos. Uma lista de ações é composta pelo tipo de ação (ActionType, tais como por exemplo “PlayStream”, “Record”, “Zoom”, “SlowMotion”, “ClickThrough”, “Buy” e “AddToCart”) e pela ação do usuário (UserAction) propriamente dita. Cada lista de ações está relacionada a um tipo específico de ação, isto significa que em uma lista há ações de um certo tipo apenas. Associado a cada ação do usuário está o momento da ação (ActionTime), o identificador de programa (ProgramIdentifier, no caso de TV Interativa corresponde ao CRID, abordado na seção 2.3.1) e elementos provendo dados opcionais (ActionDataItem) que permitem as ligações ou recursos relacionados sobre a ação a ser fornecida.

Figura 13 – UsageHistory DS sumarizado (ISO/IEC 15938-5, 2003)

3.4 MPEG-21

O MPEG-21 (ISO/IEC 21000-1, 2002) também é um padrão ISO definido pelo MPEG, mas que propõe uma padronização aberta, através da definição de um *framework* multimídia, passível de ser explorado por qualquer provedor de serviço e que ofereça benefícios para o consumidor final por meio da possibilidade de acesso a uma grande variedade de conteúdo, de maneira interoperável.

O escopo do MPEG-21 consiste em identificar e definir os elementos essenciais necessários para dar suporte a um ambiente interoperável, de forma a promover a integração entre as diversas soluções existentes. Para tal, o MPEG-21 se propõe a desenvolver especificações que permitam entre outras coisas (MATUSHIMA, 2007):

- Acesso, uso e interação com e entre objetos multimídia em diferentes redes e dispositivos;

- Contemplar múltiplos modelos de negócio incluindo aqueles que requerem um gerenciamento de direitos e controle de transações ao longo da cadeia de suprimentos;
- Buscar a integração dos elementos e padrões para facilitar a harmonização de tecnologias no processo de criação, gerenciamento, transporte, manipulação, distribuição e consumo de conteúdos multimídia.

Basicamente, o *framework* proposto é baseado em dois conceitos. O primeiro define uma unidade fundamental de distribuição e transferência chamado item digital (do inglês, *Digital Item* – DI). Um item digital é a combinação de recurso (conteúdo), seus metadados e a descrição de como metadados e conteúdo se relacionam (MATUSHIMA, 2007). O segundo é o conceito de usuários (qualquer entidade da cadeia de distribuição) interagindo com os itens digitais. Assim, o objetivo do padrão também pode ser resumido como “definir a tecnologia necessária para permitir que usuários troquem, acessem, consumam, modifiquem itens digitais de maneira eficiente, transparente e interoperável.” (CHIARIGLIONE, 2007).

O padrão MPEG-21 é composto por 16 partes, porém as mais relevantes são: (i) declaração de DI (do inglês, *Digital Item Declaration* – DID); (ii) informação sobre item digital (do inglês, *Digital Item Information* – DII); (iii) gerenciamento e proteção de propriedade intelectual (do inglês, *Intellectual Property Management and Protection* – IPMP); (iii) linguagem de expressão de direitos (do inglês, *Rights Expression Language* – REL); e (iv) adaptação de item digital (do inglês, *Digital Item Adaptation* – DIA).

O DIA (ISO/IEC 21000-7, 2004) consiste na especificação do formato das informações a serem utilizadas pelos mecanismos de adaptação, de modo que estes possam garantir que todas as condições / restrições a serem atendidas serão consideradas, visto que um dos objetivos do MPEG-21 é possibilitar a provisão transparente de conteúdo multimídia para diferentes redes e tipos de terminais (MATUSHIMA, 2007). O DIA contempla quatro categorias chaves de elementos de descrição, a saber:

- Características do usuário: descrição das características de um usuário, sendo que, segundo as especificações do DIA, um usuário pode ser uma

pessoa, um grupo de pessoas ou uma organização. Nesta categoria incluem:

- Informações gerais sobre o usuário (nome, informações de contato);
 - Suas preferências em relação ao conteúdo de um item digital (relacionadas à criação – quando e onde foi criado; à classificação – gênero, língua; à disseminação – formato, localização, divulgador);
 - Histórico de uso;
 - Preferências de apresentação (relacionadas ao áudio – volume, equalização de frequências de áudio; e ao vídeo – brilho, contraste);
 - Características de acessibilidade (deficiência auditiva, visual e de cores em específico);
 - Aspectos de mobilidade (descrição do movimento de um usuário);
 - Destino de um usuário.
- Capacidade dos terminais: descrição das capacidades dos terminais, sendo, sobretudo, necessária para satisfazer as limitações de consumo e processamento de um determinado terminal. Dentre as quais, tem-se:
 - Codificadores suportados;
 - Propriedades do dispositivo (capacidades de energia, armazenamento, características de entrada / saída de dados);
 - Características de entrada / saída (exibição e saída de áudio).
 - Características da rede: descrição das características de rede em termos de capacidade e condições, incluindo disponibilidade de largura de banda, atraso e erros (taxa de perdas de pacotes, por exemplo);
 - Características naturais do ambiente: descrição de características naturais relacionadas ao ambiente tais como a localização e o momento de uso de um item digital, bem como características audiovisuais (iluminação, níveis de ruído e espectro de frequência de ruído).

Este trabalho aborda parte da especificação do DIA, conforme pode ser visto na seção 8.5.

3.5 Modelo de metadados do TV-Anytime

Por questões de interoperabilidade, o TV-Anytime, assim como os padrões da família MPEG vistos, adotou XML como formato para representação dos metadados. Segundo o TV-Anytime (2007a), XML oferece muitas vantagens: permite realizar extensões, suporta a separação de dados da aplicação propriamente dita, é largamente utilizada e por existirem diversas ferramentas disponíveis para sua manipulação. Por ser um formato textual, XML tende a ser bastante volumoso na representação dos dados, no entanto, uma série de mecanismos estão sendo desenvolvidos para reduzir a banda utilizada.

A definição formal da estrutura e da sintaxe dos metadados pelo TV-Anytime é dada por meio de Esquemas XML (W3C, 2001). O conjunto de metadados do TV-Anytime também reutiliza alguns Esquemas especificados no padrão MPEG-7 (linguagem DDL), principalmente no que se refere à descrição de mídias, preferências de usuário e histórico de uso. A distinção entre qual elemento descritivo pertence ao TV-Anytime e qual pertence ao MPEG-7 é feita através de espaços de nomes (*namespaces*).

Na primeira fase do TV-Anytime foram definidas quatro categorias de metadados (TV-ANYTIME, 2007a): descrição de conteúdo (*content description*), descrição de instância (*instance description*), usuário (*consumer*) e segmentação (*segmentation*). A primeira trata de descrição de programas por completo (gêneros de programas, informações de áudio e vídeo) e descritores específicos para os serviços de busca, localização, seleção e personalização de serviços de TV Digital Interativa. A segunda, descrição de instância, define informações para dar suporte a mecanismos de localização e anúncio de serviços (no EPG, por exemplo). A terceira categoria, usuário, determina estruturas para identificação de um usuário (ou grupo de usuários), perfil e histórico de uso. Estes metadados possibilitam a criação de uma grande quantidade de cenários de aplicações como, por exemplo, a personalização e o envio de histórico para provedores. Por fim, a última categoria, segmentação, tem a finalidade de descrever fluxos de áudio e vídeo para permitir o acesso e manipulação em intervalos temporais e de forma aleatória.

A segunda fase de trabalho do TV-Anytime Fórum proporcionou essencialmente maior riqueza na descrição de conteúdo e das características de usuário (informações biográficas e de acessibilidade) em relação aquilo que já havia sido especificado na primeira fase. Além destas extensões realizadas, nesta fase foram adicionadas mais duas categorias (Figura 14): informações de metadados (*metadata information*), e informações de alvo e intersticiais (*interstitial and targeting information*). As informações de metadados servem para auxiliar na publicação dos respectivos metadados, e as informações de alvo e intersticiais tem como principal objetivo agregar informações sobre o ambiente de uso do conteúdo (terminal, rede e características naturais do ambiente). É importante mencionar que esta última categoria importa alguns descritores do MPEG-21, provindos da especificação do DIA (ISO/IEC 21000-7, 2004), conforme apresentada na seção 3.4.

Figura 14 – Categorias de metadados definidas pelo TV-Anytime – “TVA Main” como elemento raiz (TV-ANYTIME, 2007a)

3.6 Considerações finais

Conforme visto na seção 3.1, os sistemas de TV Digital existentes apresentam limitações porque utilizam os metadados rígidos (tabelas SI) desde sua implantação. No entanto, já há iniciativas importantes promovidas pelo TV-Anytime Fórum no sentido de trabalhar para a integração das suas normas em infra-estruturas de TV Digital para estender as suas funcionalidades, como é o caso do sistema europeu (DVB-TVA, 2005). Este é um fator positivo que reforça a relevância desta pesquisa no uso dos padrões do TV-Anytime.

4 Modelagem de Usuário

Atualmente, métodos de captura das informações apropriadas do modelo do usuário, bem como o seu uso (para personalização, por exemplo), têm sido aplicados com sucesso em diversos domínios, dentre os quais: comércio eletrônico, ensino a distância adaptativo, sistemas de recomendação, web semântica, sistemas ubíquos e cientes de contexto. Há, inclusive, o Congresso Internacional de Modelagem de Usuário⁶ que ocorre a cada dois anos, dada a importância desta área de estudo. Devido à interdisciplinaridade do assunto, é interessante também estudar tais abordagens no domínio da TV Digital Interativa.

As seções deste capítulo apresentam os fundamentos do modelo do usuário, bem como as abordagens existentes na construção deste modelo e o seu uso no domínio de TV Digital Interativa.

4.1 Fundamentos do Modelo do Usuário

A pesquisa em Hipermídia Adaptativa surgiu em meados da década de 90 do cruzamento dos estudos realizados em hipermídia e modelagem do usuário, sendo estes os dois pilares básicos que sustentam o desenvolvimento de aplicações nesta área (PALAZZO, 2002; BRUSILOVSKY, 2001). Em Hipermídia Adaptativa o processo de adaptação inicia-se com a modelagem do usuário na construção do Modelo do Usuário (vide Figura 15). Desta forma, as maiores contribuições do estudo de modelagem de usuário encontradas na literatura originam-se de pesquisas de Hipermídia Adaptativa e devem, quando necessário, serem adaptadas a outros domínios.

⁶ Última edição: 11th International Conference on User Modeling (UM 2007) - <http://www.iit.demokritos.gr/um2007/>

Figura 15 – Ciclo clássico de “Modelagem de Usuário – Adaptação” – adaptada de (BRUSILOVSKY, 1996; PALAZZO, 2002)

Kules (2000) aponta que o modelo do usuário deve conter todas as informações que o sistema conhece sobre o usuário. Os atributos típicos mantidos no modelo do usuário são (KULES, 2000; BRUSILOVSKY, 2001; PALAZZO, 2002):

- Características pessoais – informações sócio-demográficas: idade, ocupação etc; informações gerais do usuário: *hobbies* e estilo de vida;
- Traços individuais do usuário – é aquilo que define um usuário como um indivíduo. Alguns exemplos são os fatores de personalidade (introvertido ou extrovertido, por exemplo), fatores cognitivos e estilos de aprendizagem. São características do usuário que não podem ser alteradas, ou então podem somente depois de um período longo;
- Conhecimento – conhecimento do usuário sobre o assunto representado;
- Objetivos – os objetivos do usuário estão mais relacionados com o trabalho ou atividade do usuário;
- História do usuário – experiência anterior do usuário;
- Histórico de interação – tarefas desempenhadas e em progresso, objetivos alcançados e número de pedidos de ajuda;
- Proficiência com o uso do sistema;
- Preferências e interesses do usuário – responsável por indicar o que o usuário acha relevante (grau de preferência declarado pelo usuário) e o que interessa mais os usuários (assuntos favoritos), melhorando, assim, a filtragem de informações e recomendações, por exemplo;

Em sistemas educacionais, por exemplo, há o chamado modelo do estudante (SILVA, 2005), de modo que aspectos importantes a serem modelados são: o nível de conhecimento (incluído no perfil do usuário) que o usuário tem sobre um conceito, e a definição de quais os seus objetivos, que, no caso corresponderia os conceitos que ele deseja conhecer. Já em um domínio de comércio eletrônico, os atributos poderiam indicar quais produtos o usuário já comprou e os objetivos poderiam representar se o usuário deseja comprar ou presentear um produto.

Outro exemplo, mais alinhado com o escopo desta pesquisa, são os ambientes interativos de aplicações multimídia conscientes de contexto, onde a modelagem deve ser centrada no usuário, utilizando para isso características que permitem identificar o usuário, quando este utiliza uma ou mais aplicações no ambiente. Em linhas gerais, existem cinco grupos de características (SANTOS JÚNIOR, 2002):

- Identificação do próprio usuário: são as características do usuário enquanto indivíduo, tais como nome, idade, data de nascimento, dentre outras;
- Interesses do usuário: essas características formam a base para definir o porquê do interesse de uma pessoa por uma determinada informação ou parte dessa informação;
- Preferências do usuário: forma o conjunto explícito das informações de maior relevância para o usuário; por exemplo, a preferência por uma mídia de áudio ou de vídeo, ou por uma mídia de texto, durante uma apresentação multimídia;
- Objetivos do usuário: permitem especificar melhor os elementos mais importantes de seus interesses e preferências;
- Tarefas do usuário: permitem, juntamente com as características dos objetivos, especificar a granularidade dos interesses do usuário; neste sentido, uma lista das tarefas auxilia na definição da ordem dos processos necessários para se atingir o maior grau possível de satisfação em relação aos interesses do usuário;

4.2 Abordagens na construção do Modelo do Usuário e o uso no domínio de TV Digital Interativa

De modo geral, são identificadas três abordagens para aquisição e construção do modelo do usuário encontradas na literatura (PALAZZO, 2002; KOBISA; KOENEMANN; POHL, 2001): interação do usuário, informação direta e colaborativa, e estereótipo. As seções a seguir analisam tais abordagens contextualizadas, quando possível, no domínio da TV Digital Interativa e, finalizando, algumas considerações também são apresentadas.

4.2.1 Interação do usuário

Esta abordagem contempla o registro do comportamento do usuário, em particular a sua interação com o sistema e a navegação efetuada. Segundo Vassileva (1996), em hipermídia adaptativa as únicas informações que podem ser capturadas e registradas sobre as ações do usuário são o caminho percorrido no hiperespaço e o tempo gasto em cada nodo. De forma análoga, um usuário interagindo com a TV pode ser acompanhado pelos programas e serviços interativos selecionados e o seu respectivo tempo de consumo. Há também a possibilidade, na TV Digital Interativa, de saber qual é o tipo de ação realizada no programa ou serviço em questão, como por exemplo, os propostos pelo TV-Anytime (classificações do tipo de ação (*ActionType*): “Zoom”, “SlowMotion”, “PlayStream”, “Record”, “Pause”, “Buy”, “AddToCart” etc). Adicionalmente, ao saber quais programas foram selecionados, mecanismos de inferência (regras de inferência) podem ser aplicados para descobrir quais são preferências do usuário (por exemplo, através da contabilização dos gêneros de programas mais assistidos).

No caso da TV Digital Interativa, assim como na hipermídia adaptativa, a observação da ação do usuário não oferece elementos suficientes para a sua modelagem completa.

4.2.2 Informação direta e colaborativa

Segundo Brusilovsky (1996), podem surgir problemas na modelagem do usuário automática, pois não é completamente confiável e nem todos os componentes podem ser deduzidos.

Outra forma de um sistema adquirir informações sobre o usuário é envolver este usuário no processo de modelagem na aquisição de informações adicionais, tornando o modelo do usuário mais confiável. Esta é a chamada modelagem de usuário colaborativa, na qual existem três abordagens para envolver o usuário no processo (Figura 16).

Figura 16 – Modelagem de Usuário Colaborativa – adaptada de (BRUSILOVSKY, 1996)

A primeira delas consiste no usuário fornecer dados solicitados para o mecanismo de modelagem. Por exemplo, ao invés de adivinhar se determinado conteúdo é relevante para o usuário (ou o quanto é relevante), o sistema questiona e obtém este *feedback* do usuário ou eventualmente de uma aplicação. Este tipo de *feedback* é a fonte mais confiável de informação e não é difícil para o usuário prover. Estes dados podem ser ainda processados pelo sistema para atualizar o modelo do usuário. No domínio da TV Digital Interativa, um usuário pode declarar, por exemplo, que tem preferências de filmes de drama produzidos no Chile na década de 90, e que também tem muito interesse em esportes (9 em uma escala de 0 a 10, por exemplo).

Na segunda abordagem, as informações no modelo do usuário são atualizadas diretamente pelo usuário. Este método é usado, por exemplo, para configurar várias características relacionadas ao usuário em si e aos seus objetivos,

algo difícil de inferir automaticamente, muitas vezes sendo esta a única fonte de informação possível. A provisão de tais informações pode ser por meio de formulários e questões, tipicamente fornecidas na fase inicial de uso do sistema. No entanto, por serem informações obtidas explicitamente, muitas vezes elas devem ser fornecidas em outros momentos de uso do sistema, pois o usuário, na maioria das vezes, não deseja perder tempo e ser incomodado. Informações como nome, língua, idade, sexo, endereço são características comuns relacionadas ao usuário em sistemas de hipermídia adaptativa e em ambientes de TV Digital Interativa.

A última abordagem consiste no usuário mostrar o resultado desejado da adaptação (*user-driven adaptation*), porém esta abordagem não é relevante para este trabalho, pois os mecanismos de adaptação de conteúdo, apresentação e estrutura não fazem parte do escopo. Um trabalho que propõe o uso de técnicas de hipermídia adaptativa estendidas para o domínio de TV Interativa pode ser conferido em (MASTHOFF; PEMBERTON, 2005).

4.2.3 Estereótipo

Existe uma terceira forma de modelar usuários conhecida como modelagem estereotípica. Nesta abordagem há o enquadramento dos usuários em perfis típicos (classes) pré-definidos.

Aos usuários de um mesmo perfil são atribuídas as mesmas características, pois se pressupõem que há um padrão comum entre tais usuários, logo, esta abordagem é adequada e recomendada para a modelagem de grupos.

A eficácia deste método depende da qualidade dos estereótipos modelados, como, por exemplo, o número de estereótipos diferentes conhecidos em um sistema, e a precisão da atribuição de usuários a estereótipos. Tais fatores dependem da qualidade da informação sobre a população de usuários e as características comuns, de modo geral, são distinguidas empiricamente (KOBSA; KOENEMANN; POHL, 2001).

Um exemplo de aplicação desta abordagem no cenário da TV Digital Interativa foi apresentado por Ardissono et al (2004). Nesse trabalho os autores propuseram um EPG personalizado que gerencia um modelo do usuário que integra

as três formas de construção do modelo do usuário apresentadas para compor o Componente de Modelagem de Usuário (*User Modeling Component - UMC*).

Para definir as classes representadas como estereótipos, este trabalho explorou as informações relacionadas aos interesses e comportamentos dos usuários de TV coletados em estudos sobre a população italiana.

A descrição do estereótipo inclui duas partes: a especificação de *dados de classificação* e *informações de predição*.

Cada *dado de classificação*, por sua vez, é composto por três facetas: *nome da característica*, a *importância* e os *valores*. A *importância* denota a relevância da característica na descrição do estereótipo (entre 0 e 1). A faceta *valores* indica a distribuição dos valores da característica em relação aos usuários representados pelo estereótipo (valores em porcentual).

Já as *informações de predição* descrevem as preferências de um usuário típico que representa um determinado estereótipo. A *categoria do programa* e o seu respectivo *interesse* (entre 0 e 1) compõem as informações de predição.

A Figura 17 elucida, através de um exemplo, o estereótipo “Dona de Casa”.

Dona de Casa

Dados de Classificação

Característica	Importância	Valores
Idade [dado pessoal]	1	(menor_que_15; 0) (15/24; 0) (25/34; 0) (35/44; 0,5) (45/54; 0,5) (55/64; 0) (maior_que_64, 0)
Sexo [dado pessoal]	1	(masculino; 0) (feminino; 0)
Livros [interesse]	0,6	(pouco; 0,8) (médio; 0,2) (alto; 0)

Informações de Predição

Categoria	Interesse
Filmes-sentimentais	1
Novela	1
Notícias	0,2
Programas-moda	0,5
Programas-culinária	1

Figura 17 – Estereótipo “Dona de Casa” – adaptada e traduzida de (ARDISSONO et al., 2004)

Para estimar as preferências de um determinado usuário deve-se seguir dois passos. Primeiramente o usuário é confrontado com cada estereótipo *S* existente para avaliar o quanto se encaixa seus interesses e informações sócio-demográficas com os definidos em *S*. O resultado desta classificação é o *grau de correspondência* obtido referente a cada estereótipo. O passo seguinte consiste em estimar as preferências do usuário pela combinação das predições de cada estereótipo, considerando a proporção do grau de correspondência obtida anteriormente.

4.2.4 Considerações

Diante dos estudos de modelagem do usuário investigados, conclui-se que é interessante empregar abordagens diferentes na construção do modelo, resultando, assim, em um modelo híbrido no qual são obtidas informações heterogêneas que se complementem. Apesar disso, esta pesquisa não utiliza a modelagem estereotípica na construção do modelo do usuário, pois não há estudos de perfis de usuários da TV Digital no Brasil, visto que esta é uma mídia que ainda está nas etapas iniciais de implantação.

Após a aquisição de informações do modelo do usuário por meio das abordagens apresentadas, tais informações precisam ser representadas. A representação consiste em expressar o conteúdo do modelo do usuário de forma apropriada permitindo o acesso e processamento futuro (KOBASA; KOENEMANN; POHL, 2001). Neste trabalho a representação é feita por metadados padronizados, conforme será apresentado na seção 8.5.

5 Ciência de Contexto

A área da computação ubíqua foi uma das pioneiras nos estudos e utilização do conceito de contexto e com isso demonstrou o potencial da aplicação desses conceitos nos sistemas computacionais. Atualmente, o conceito de contexto tem sido objeto de estudo em diversas áreas, como a Psicologia Cognitiva e a Lingüística, além da própria Computação. Sendo que nesta última a motivação dos pesquisadores abrange, além da computação ubíqua, as seguintes áreas: Inteligência Artificial, Interação Humano-Computador, Sistemas Colaborativos, Hipermídia Adaptativa, entre outras, que buscam estudar esse conceito e pesquisar como ele pode ser formalizado e utilizado pelos sistemas computacionais (VIEIRA et al., 2006).

No início da década de 90 Weiser (1991) vislumbrou ambientes físicos habitados com dispositivos computacionais que auxiliariam nas tarefas diárias, fornecendo aos usuários (pessoas) informações e serviços de forma contínua e onipresente, o mais transparente possível. A computação ubíqua é responsável por integrar o alto grau de dispositivos embarcados da computação pervasiva com os benefícios originados pela mobilidade oferecida pela computação móvel.

Em suma, a presença da computação em meios ubíquos dá aos usuários a expectativa de que é possível acessar as informações e serviços em qualquer lugar. Além disso, a mobilidade fornecida pela ubiquidade faz o contexto do usuário tornar-se mais dinâmico (SANTOS JÚNIOR, 2001a).

Aliado a isso, as pessoas estão acostumadas, nas ações realizadas em sua vida cotidiana, a fazer uso de informações situacionais implícitas a todo o momento para tomar decisões, comportar-se de forma distinta em determinadas ocasiões ou interagir com outras pessoas.

Entender o contexto em que ocorre uma determinada interação é fundamental para que os indivíduos possam responder de maneira apropriada à situação (VIEIRA et al., 2006). Em linhas gerais, pode-se então dizer que as pessoas têm a capacidade de usar *informações situacionais implícitas*, ou *informações contextuais*, ou simplesmente *contexto*, para melhorar a qualidade da conversação e compreender certas circunstâncias, ações ou eventos através de sua

caracterização. Infelizmente, esta habilidade de transmitir idéias não é feita de forma transparente na interação do homem com computadores (máquinas de modo geral) sem que haja interferência. Conseqüentemente, os computadores não estão aptos para explorar os benefícios do contexto do diálogo humano-computador. Ao criar mecanismos de acesso (obtenção) de contexto nos computadores, a comunicação na interação humano-computador torna-se mais rica e possível que sejam oferecidos serviços mais convenientes (DEY; ABOWD, 2000).

De modo geral, as informações contextuais podem ser identificadas a partir de seis dimensões contextuais básicas que são bastante referenciadas na literatura e conhecidas como 5Ws + 1H (MORAN; DOURISH, 2001; TRUONG; ABOWD; BROTHERTON, 2001): *when* (tempo), *where* (localização), *who* (identificação), *what* (ação, atividade), *why* (motivação por trás das ações) e *how* (meio, que identifica como os elementos de contexto são coletados).

Diferentemente do que possa parecer, ciência de contexto (do inglês, *context-awareness*) não deve ser entendida como a ciência que estuda contexto, a expressão ciência de contexto é empregada no sentido de estar ciente de contexto, consciente de contexto ou ainda, ter consciência, estar informado, ser sabedor do contexto em uma determinada situação.

No decorrer deste trabalho é adotada expressão *infra-estrutura ciente de contexto*, que, conforme visto, expressa o mesmo conceito que os demais.

Deste modo, este capítulo tem por objetivo apresentar algumas definições de contexto e sistema ciente de contexto encontrados na literatura (seção 5.1), em seguida alguns requisitos envolvidos no desenvolvimento de sistemas cientes de contexto são apresentados (seção 5.2), com destaque em um requisito importante no processo de uso de contexto: a representação de contexto (seção 5.3). Além disto, este capítulo finaliza discutindo o estado da arte no uso de contexto (seção 5.4).

5.1 Definição de Contexto e Sistema Ciente de Contexto

Existem vários significados encontrados na literatura para o conceito de contexto, sendo que muitos deles são complementares e outros limitados à área da

computação. Bazire e Brézillon (2005) coletaram um conjunto de aproximadamente 150 definições de contexto, originadas de diferentes domínios e chegaram a duas principais conclusões: (i) o contexto atua como um conjunto de restrições que influenciam o comportamento de um sistema embutido em uma dada tarefa; e (ii) a definição de contexto depende da área de conhecimento à qual pertence.

No entanto, há uma definição genérica e clássica de contexto fornecida por (DEY, 2001) que é bastante referenciada e aceita na comunidade acadêmica:

“Contexto é qualquer informação que pode ser utilizada para caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade, por sua vez, pode ser uma pessoa, lugar ou objeto que é considerado relevante para a interação entre um usuário e uma aplicação, incluindo o usuário e aplicação em si.”

É interessante notar que diante da definição acima, contexto só existe quando relacionado a uma entidade, ou seja, havendo uma entidade, qualquer informação útil que a circunda em uma determinada situação é considerada contexto. Por exemplo, um celular sempre irá vibrar e nunca emitir um alerta sonoro em um concerto, caso o sistema reconheça a localização do celular e o horário do concerto (MORAN; DOURISH, 2001).

Goularte (2003) destaca que alguns tipos de informações de contexto são mais importantes que outros: localização, identificação, atividade e tempo. De modo geral, informações sobre localização são usadas para relatar onde um dispositivo ou usuário está presente, podendo até ser uma região simbólica. A identificação pode ser usada para caracterizar a identidade do usuário, do dispositivo, dentre outros. Já as informações sobre atividade identificam o uso do dispositivo pelo usuário, por exemplo. E, por fim, o tempo complementa as informações contextuais denotando o momento em que o usuário interage com o sistema, podendo ser de acordo com o período do dia (manhã, tarde e noite) ou com uma granularidade diferente de tempo. Tais tipos de informações de contexto são chamados de contexto primário, pois podem também ser usados como índices para outras fontes de informação contextual (DEY; ABOWD, 2000).

Neste cenário, algumas características das informações de contextos podem ser reveladas:

- Informação contextual pode possuir várias características temporais: estático vs. dinâmico, atraso na recuperação de contexto, histórico de contexto;
- Informação contextual é imperfeita: imperfeição dos sensores, desatualização, algoritmos de inferência;
- Contexto pode ter várias representações alternativas: abstrações. Ex: localização em coordenadas e em posição simbólica;
- Informação contextual é altamente inter-relacionada.

Até meados da década de 90, os sistemas cientes de contexto eram identificados como sistemas cientes de localização (CHEN; KOTZ, 2000), ou seja, a localização era o único alvo de estudo. Entretanto, segundo Dey e Abowd (2000) um sistema ciente de contexto usa contexto para fornecer informação ou serviço relevante para o usuário, onde a relevância depende da tarefa do usuário. Na literatura é comum encontrar as seguintes expressões como sinônimos para sistema ciente de contexto: plataforma ciente de contexto e computação ciente de contexto (do inglês, *context-aware computing*).

Na Figura 18 é possível verificar que os sistemas tradicionais consideram apenas as informações fornecidas pelos usuários na forma de dados de entrada, diferentemente do que ocorre com um sistema ciente de contexto que considera as informações explícitas fornecidas pelos usuários, aquelas armazenadas em uma base de conhecimento contextual, aquelas inferidas por meio de raciocínio e/ou ainda aquelas percebidas a partir do ambiente. Com base nessas informações contextuais, o sistema tem condições de identificar e otimizar fluxos de interação, determinar ações e adaptações, e fornecer assistência às tarefas que estão sendo realizadas (VIEIRA et al., 2006).

Figura 18 – Sistema tradicional vs. Sistema Ciente de Contexto – adaptada de (VIEIRA et al., 2006)

Segundo Rocha (2005), um sistema ciente de contexto tem como principal propósito permitir adaptações dinâmicas de aplicações e serviços garantindo um uso eficiente e adequado dos recursos do dispositivo e da rede, e tratar os requisitos das aplicações em tempo de execução.

5.2 Requisitos envolvidos no desenvolvimento de sistemas cientes de contexto

Conforme apresentado nas considerações iniciais deste capítulo, não é possível explorar os benefícios de ciência de contexto por meio da simples interação do usuário com os sistemas computacionais de maneira tradicional.

Diante disso, o projeto de sistemas e aplicações cientes de contexto envolve uma série de requisitos (DEY; ABOWD; SALBER, 2001; VIEIRA et al., 2006): (i) caracterização dos elementos de contexto para uso na aplicação; (ii) aquisição e disponibilização do contexto obtido a partir de fontes heterogêneas, tais como informações percebidas (sensores físicos ou de hardware), informações estáticas (bases de dados), informações provenientes de perfil, agentes inteligentes, aplicações ou até mesmo fornecidas explicitamente pelo próprio usuário; (iii) representação de um modelo semântico formal do contexto; (iv) interpretação, processamento e uso das informações de contexto adquiridas; (v) disseminação (distribuição) transparente do contexto a quem e quando for relevante; (vi) histórico e

armazenamento de informações contextuais; (vii) tratamento da qualidade da informação contextual; (viii) tratamento de questões como segurança e privacidade; e (ix) tratamento do desempenho do sistema, uma vez que a inclusão do contexto demanda um custo computacional extra para a aplicação.

Atualmente, algumas ferramentas e métodos específicos estão sendo pesquisados com o objetivo de realizar o gerenciamento de contexto (ZIMMERMANN; LORENZ; SPECHT, 2005). Adicionalmente, o uso de tecnologias baseadas em componentes vêm sendo implementadas para que sejam acrescentadas, continuamente, novas funcionalidades de maneira mais otimizada e planejada possível. São vários os formatos de tais soluções (VIEIRA et al., 2006): *toolkits* (DEY; ABOWD; SALBER, 2001), *frameworks* (ZLEMKE, 2000), *middlewares* (GU; PUNG; ZHANG, 2005), *engines* de contexto (BELOTTI, 2004).

O processamento das informações de contexto adquiridas compreende um conjunto de métodos e processos que realizam o raciocínio, derivação, transformação, combinação e resolução de conflitos das informações contextuais.

Satyanarayanan (2003) observa que privacidade e segurança são problemas complexos em sistemas distribuídos, no qual pesquisadores enfrentam os mais variados problemas (*spam* e roubo de identidade, por exemplo). Segundo Pimentel e Goularte (2007), tais problemas tendem a se agravar em sistemas de computação ubíqua e cientes de contexto, pois quanto mais dependente o usuário fica do sistema, mais informações o sistema tem do usuário. Na modelagem feita neste trabalho a privacidade deve ser tratada com atenção.

Na próxima seção são apresentadas as possíveis formas de representação de contexto.

5.3 Formas de Representação de Contexto

Um sistema ciente de contexto requer que informações contextuais sejam trocadas e utilizadas por diferentes entidades, como agentes humanos e de software, dispositivos (heterogêneos) e serviços, com uma mesma compreensão semântica. Para isso, modelos de contexto devem ser desenvolvidos para facilitar a

representação de contexto, sendo apropriados para dar suporte à interoperabilidade semântica e compartilhamento de contexto (WANG et al., 2004).

Diversas técnicas vêm sendo utilizadas na literatura por diferentes sistemas para representar o contexto, como *par chave-valor*, *linguagem de marcação*, *orientação a objetos*, *mapas de tópicos* e *ontologias*. Uma análise comparativa sumarizada das vantagens e desvantagens e dos métodos utilizados para processamento e recuperação de contexto de cada uma das abordagens é observada na Tabela 2 (VIEIRA et al., 2006).

Tabela 2 – Técnicas de representação de contexto sumarizadas

Técnica	Vantagens	Desvantagens	Processamento e Recuperação
Par chave-valor	Estrutura simples, de fácil implementação e uso.	Não considera hierarquia. Inadequado para aplicações com estruturas complexas.	Busca linear com casamento exato de nomes.
Linguagem de marcação	Baseado em XML. Prevê hierarquia. Esquema de marcação implementa o próprio modelo. Utilização típica em <i>perfis</i> .	Incompletude e ambigüidade na informação devem ser tratadas pelo sistema. Inadequado para representar estruturas complexas.	Linguagem de consulta baseada em marcação.
Orientação a objetos	Encapsulamento, herança, reusabilidade. Permite abstrair o tratamento do contexto.	Invisibilidade no tratamento do contexto, pelo encapsulamento, dificulta o formalismo do modelo.	Algoritmos e compiladores.
Mapas de tópicos	Facilita a navegação entre os contextos. Facilita a modelagem por humanos.	Estágio inicial. Tecnologia imatura. Faltam exemplos reais.	Navegação por redes semânticas.
Ontologias	Contextos modelados como conceitos e fatos. Viabiliza formalização, compreensão e compartilhamento por humanos e computadores.	Tecnologia de manipulação imatura.	Motor de inferência, linguagem de consulta baseada em OWL

Pode-se concluir, segundo Vieira et al. (2006), que não há abordagem que possa ser considerada unanimemente a ideal para todos os sistemas cientes de contexto uma vez que diferentes sistemas impõem diferentes restrições.

Em termos de abordagem adotada por este trabalho, tem-se que apesar do alto grau de expressividade no uso das informações semânticas oferecidas pela

representação por ontologias, pretende-se utilizar linguagem de marcação (XML), pois, dentre outros motivos apresentados no capítulo 3, é possível realizar extensões nos metadados padronizados para TV Interativa (MPEG-7, MPEG-21 e TV-Anytime).

5.4 Estado da Arte no Uso de Contexto

Conforme visto, a aplicabilidade de ciência de contexto é bastante ampla. A exploração deste tema tem despertado interesse em diversos trabalhos e projetos de pesquisa.

Nunes; Santoro e Borges (2007) apresentam uma proposta de um modelo de Gestão de Conhecimento (GC) que utiliza contexto como recurso fundamental para o tratamento das informações visando melhorar o entendimento e execução das atividades em um processo de trabalho, pois quando uma organização não associa informações de contexto às atividades que executa tem sua memória organizacional um imenso conjunto de documentos com pouca ou nenhuma conexão entre eles.

Há também o emprego de aspectos de ciência de contexto em modelos de gerenciamento de redes heterogêneas. Vanni e Moreira (2006) propõem o desenvolvimento de uma ontologia para estruturar e fornecer um entendimento comum sobre as entidades, os contextos e as políticas envolvidas no gerenciamento de redes heterogêneas. Esta pesquisa tem como objetivos específicos: criar um modelo conceitual das entidades, dos contextos e das políticas de gerenciamento; permitir que o serviço em operação considere informações de contexto incorporadas dinamicamente na medida em que o usuário se move; possibilitar ao usuário uma participação mais efetiva no processo de aferição de qualidade de serviço (do inglês, *Quality of Service* – QoS) que contrata e; definir o processo que permita manutenção e utilização das ontologias.

O próprio grupo de pesquisa do Laboratório de Arquitetura e Redes de Computadores da Escola Politécnica da USP (LARC-EPUSP) têm apresentado iniciativas de trabalhos nesta direção. A seguir há uma breve descrição de dois trabalhos de doutorado recentes:

- Brosso (2006) propôs um mecanismo de autenticação contínua de usuários que utiliza as informações de contexto do ambiente e outras abordagens para compor uma política de segurança adaptativa e um Sistema de Autenticação Contínua de Usuários Conhecidos – KUCAS (*Know User Continuous Authentication System*). Este sistema estabelece níveis de confiança para autenticar o usuário através da análise do comportamento dele em um ambiente ou domínio específico em redes de computadores, num determinado período de tempo;
- Vaz (2007) apresentou um modelo para Monitoração e Acompanhamento da Aprendizagem Eletrônica (MAAE) que teve como um dos objetivos o projeto arquitetural ciente de contexto. Neste trabalho considerou o contexto da aprendizagem no momento da monitoração e acompanhamento do aprendiz.

6 Tarefa, Técnicas e Métodos de Classificação

A análise de grandes quantidades de dados pelo homem é inviável sem o auxílio de ferramentas computacionais e algoritmos apropriados que auxiliem na tarefa de analisar, interpretar e relacionar dados para que se possa desenvolver e selecionar estratégias de ação em cada domínio de aplicação (GOLDSCHMIDT; PASSOS, 2005). No contexto desta pesquisa, por exemplo, pode-se julgar impossível um provedor de serviços encontrar similaridade de perfis e contextos dos diversos usuários para orientar nas suas escolhas de programas sem que haja ajuda de ferramentas e algoritmos.

O campo da Descoberta de Conhecimento em Bancos de Dados (do inglês, *Knowledge Discovery in Databases* – KDD) tem por objetivo tratar do processo, de várias etapas, não trivial de identificar em grandes conjuntos de dados, padrões que sejam válidos, novos, previamente desconhecidos, potencialmente úteis e compreensíveis, visando melhorar o entendimento de um problema ou um procedimento de tomada de decisão (FAYYAD; PIATESKY-SHAPIO; SMYTH, 1996). Cabe ressaltar também que este é um campo de pesquisa multidisciplinar e, historicamente, origina-se de diversas áreas, dentre as quais podem ser destacadas: estatística (comumente na avaliação e validação de resultados), inteligência artificial (especialmente aprendizagem de máquina), banco de dados (recursos para manipular grandes bases de dados), sistemas distribuídos, visualização de dados e reconhecimento de padrões.

Um processo de KDD é composto por várias *etapas operacionais* (GOLDSCHMIDT; PASSOS, 2005).

Figura 19 – Etapas operacionais do processo de KDD

Conforme pode ser visto na Figura 19, um processo de KDD é *iterativo* e *iterativo*. Iterativo indica a necessidade de atuação do ser humano como responsável pelo controle do processo, utilizando para isso recursos computacionais disponíveis em função da análise e interpretação dos fatos observados e resultados obtidos. Por outro lado, o termo iterativo sugere a possibilidade de repetições integrais ou parciais do processo de KDD na busca de resultados considerados satisfatórios por meio de refinamentos sucessivos. As etapas operacionais serão detalhas na próxima seção.

6.1 Descrição das etapas operacionais e a Mineração de Dados

A etapa de pré-processamento compreende as funções relacionadas à captação, à organização e ao tratamento dos dados. Esta etapa tem como objetivo a preparação dos dados para os algoritmos da etapa seguinte, a mineração de dados (do inglês, *data mining*) (FAYYAD; PIATESKY-SHAPIRO; SMYTH, 1996). As principais funções de pré-processamento são:

- **Seleção dos dados** – significa, em essência, a identificação de quais informações devem ser efetivamente consideradas durante o processo de KDD, tanto na escolha de quais atributos devem compor um registro, quanto na escolha de quais registros serão utilizados. Por exemplo, o nome do usuário que esteja assistindo a um programa de TV (ou interagindo com um serviço oferecido) e que o avalia como “excelente” é totalmente irrelevante em uma aplicação de KDD cujo objetivo seja construir um modelo que avalie tal programa (ou serviço) como “excelente” para usuários com características similares.
- **Limpeza dos dados** – abrange qualquer tratamento realizado sobre os dados selecionados de forma a assegurar a qualidade (completude, veracidade e integridade) dos fatos por eles apresentados. Informações ausentes, errôneas ou inconsistentes devem ser corrigidas para não

comprometer a qualidade dos modelos de conhecimento criados. Um exemplo seria a definição de apenas dois valores para o atributo sexo (“M” ou “F”) de usuário de TV, de maneira que caso surgisse qualquer valor diferente destes, o provedor de serviço removeria este registro.

- **Codificação dos dados (ou transformação de dados)** – esta função é responsável por realizar a codificação (transformação) dos dados para ficarem numa forma que possam ser usados como entrada dos algoritmos de mineração de dados. Um exemplo de codificação é a Categórica-Numérica, que seria representar numericamente, de 1 a 5, valores de atributos categóricos: “ruim”, “regular”, “bom”, “ótimo” e “excelente”.
- **Enriquecimento dos dados** – consiste em conseguir, de alguma forma (atributos calculados, obtidos artificialmente, por exemplo), mais informações que possam ser agregadas aos registros existentes, enriquecendo os dados, para que estes forneçam mais informações para o processo de descoberta de conhecimento. Seguindo a linha de exemplos aplicados ao cenário da TV, uma forma de realizar o pré-processamento nesta função seria a criação do atributo “idade” do usuário que está assistindo ao programa a partir do atributo “data_nasc” e da data corrente do sistema.

Após o pré-processamento há a etapa de mineração de dados onde é realizada a busca efetiva por conhecimentos implícitos (padrões de interesse) e úteis numa forma particular de representação. É a principal etapa do processo de KDD. Nesta etapa há a seleção de técnicas e métodos a serem utilizados conforme a tarefa a ser empregada no problema em questão.

Antes de avançar na discussão de mineração de dados em si, é importante que se faça aqui a distinção entre as expressões *técnicas*, *métodos* e *tarefas de KDD*.

A expressão *tarefa de KDD* (ou *tarefa de mineração de dados*) se refere a qualquer função escolhida a ser realizada pela etapa de mineração de dados (GOLDSCHMIDT; PASSOS, 2005). Em outras palavras, a tarefa de KDD consiste na especificação do que estamos querendo buscar nos dados, que tipo de regularidades ou categoria de padrões temos interesse em encontrar, ou seja, um

tipo de problema de descoberta de conhecimento a ser solucionado (DIAS, 2002; AMO, 2004). A seguir há uma descrição sucinta das principais tarefas de KDD:

- **Associação:** identificação de fenômenos que apresentam co-ocorrência, ou seja, itens que freqüentemente ocorram de forma simultânea em transações.
- **Classificação:** aprendizado de uma função, isto é, construção de um modelo de conhecimento, que mapeia um dado em uma de várias classes conhecidas.
- **Regressão:** aprendizado de uma função que mapeia um dado em um ou mais valores reais.
- **Clusterização (ou Agrupamento):** identificação de clusters de dados onde tais dados têm características semelhantes com os do mesmo cluster e os clusters tenham características diferentes entre si. O objetivo é maximizar similaridade intracluster e minimizar similaridade intercluster.
- **Sumarização:** procura identificar e indicar características comuns entre conjuntos de dados.
- **Deteção de desvios:** identificação de dados que deveriam seguir um padrão mas não o fazem. Tais dados são denominados *outliers*.

Os *métodos de KDD* são implementações específicas das tarefas de KDD, ou seja, um *método de KDD* corresponde a um algoritmo em particular. Neste caso deve haver uma busca pelo melhor ajuste dos parâmetros (SILVA, 2004).

E, por fim, a expressão *técnica de KDD* se refere a qualquer teoria que possa fundamentar a implementação de um método de KDD. Redes Neurais (HAYKIN, 1999), Algoritmos Genéticos (DAVIS, 1990), Modelos Estatísticos e Probabilísticos (MICHIE; SPIEGELHALTER; TAYLOR, 1994) são exemplos de técnicas.

Dando continuidade à seção, tem-se que em termos de *orientação das ações* a serem realizadas, a mineração de dados pode ser aplicada de duas formas: como um *processo de verificação de hipóteses postuladas* e como um *processo de descoberta de conhecimento* (GROTH, 1998). No processo de verificação (ou validação), o usuário sugere uma hipótese acerca da relação entre os dados e tenta prová-la ou refutá-la mediante a análise dos dados. No processo de descoberta não

é feita nenhuma suposição antecipada, neste caso enquadra-se a busca efetiva por conhecimento a partir da abstração dos dados existentes (DIAS, 2002).

Adicionalmente, os *macroobjetivos* que norteiam a aplicação de mineração de dados são classificados de duas formas também: *predição* e *descrição*. Na predição busca-se um modelo de conhecimento que permita, a partir de um histórico de casos anteriores, prever os valores de determinados atributos em novas situações. No caso da descrição busca-se por um modelo que descreva, de forma compreensível pelo homem, o conhecimento existente em um conjunto de dados (GOLDSCHMIDT; PASSOS, 2005). A forma de representação do conhecimento em um modelo de conhecimento depende diretamente do método utilizado.

Um outro conceito fundamental envolvido na etapa de mineração de dados refere-se à capacidade de os algoritmos têm de aprender a partir de exemplos, retratando o resultado deste aprendizado nos modelos de conhecimento gerados. Todo algoritmo que possa ser utilizado na execução do processo de aprendizado é chamado *algoritmo de aprendizado* e a área é denominada aprendizagem de máquina. As principais abordagens de aprendizagem de máquina são (RUSSELL; NORVIG, 2004; SILVA, 2004; GOLDSCHMIDT; PASSOS, 2005):

- **Aprendizagem supervisionada:** envolve a aprendizagem de uma função a partir de exemplos de suas entradas e saídas desejadas. Sendo que as saídas desejadas correspondem ao valor que se espera que o algoritmo possa produzir sempre que receber os valores específicos de entradas. Em termos de macroobjetivos, estes algoritmos são preditivos. Mais detalhes na próxima seção, 6.2.
- **Aprendizagem não-supervisionada:** envolve a aprendizagem de padrões na entrada, quando não são fornecidos valores de saída desejados. Os algoritmos partem dos dados, procurando estabelecer relacionamentos entre eles. Em termos de macroobjetivos, estes algoritmos são descritivos.

E, por fim, a etapa de pós-processamento abrange o tratamento do conhecimento obtido na mineração de dados. Tal tratamento, muitas vezes desnecessário, tem como objetivo facilitar a interpretação e a avaliação, pelo

homem, da utilidade do conhecimento descoberto (FAYYAD; PIATESKY-SHAPIRO; SMYTH, 1996). Entre as principais funções da etapa de pós-processamento estão:

- **Simplificação do modelo de conhecimento** – conforme o próprio nome sugere, consiste em remover detalhes deste modelo de conhecimento de forma a torná-lo menos complexo, sem perda de informação relevante;
- **Transformação do modelo de conhecimento** – consiste basicamente na conversão de uma forma de representação do conhecimento de um modelo para outra;
- **Organização e apresentação dos resultados** – envolve as formas de representação dos modelos de conhecimento, sendo que, em geral, as técnicas de visualização de dados estimulam a percepção e a inteligência humana, aumentando a capacidade de entendimento e associação de novos padrões.

6.2 Aprendizagem via Tarefa de Classificação

Uma das tarefas de KDD mais importantes e mais populares é a tarefa de classificação. Segundo Goldschmidt e Passos (2005), essa tarefa pode ser compreendida como a busca por uma função que permita associar corretamente cada registro X_i a um único rótulo categórico, Y_i , denominado *classe*. Uma vez identificada, essa função pode ser aplicada a novos registros de forma a prever a classe em que tais registros se enquadram. Esta é a chamada *predição de classe* ou *etapa de predição*.

Pode-se considerar o par ordenado da forma $(x, f(x))$, sendo x um vetor de entradas e $f(x)$ a saída de uma função f , desconhecida, aplicada a x . A tarefa de inferência indutiva consiste em, dada uma coleção de exemplos de f , obter uma função h que se aproxime de f . A função h é chamada de *hipótese* ou *modelo* de f . A Figura 20 apresenta três hipóteses possíveis induzidas a partir do conjunto de exemplos fornecidos.

Figura 20 – Hipóteses de funções induzidas a partir de exemplos de entradas e saídas (GOLDSCHMIDT; PASSOS, 2005)

Nos casos em que a imagem de f é formada por rótulos de classes, a tarefa de inferência indutiva é denominada *etapa de classificação* e toda hipótese h chamada de *classificador* ou *modelo de conhecimento*. Neste trabalho será utilizada a expressão *modelo de conhecimento* como resultado da etapa de classificação.

A identificação da função h consiste em um processo de busca no espaço de hipóteses H , pela função que mais se aproxime da função original f . Esse processo configura-se como aprendizagem supervisionada, discutida na seção anterior. O conjunto de todas as hipóteses que podem ser obtidas a partir de um algoritmo de aprendizagem L é representado por H_L . Cada hipótese pertencente ao H_L é representada por h_L .

A acurácia da hipótese h , isto é, a acurácia do modelo de conhecimento, retrata a qualidade de h mapear corretamente cada vetor de entradas x em $f(x)$. O conjunto de pares $(x, f(x))$ utilizados na identificação da função h é denominado *conjunto de treinamento*. Por outro lado, o conjunto de pares $(x, f(x))$ utilizados para avaliar a acurácia de h é denominado *conjunto de testes*. Mais informações sobre a acurácia de um modelo de conhecimento serão apresentadas na seção 6.2.3 (Métricas de Avaliação de Desempenho).

Uma das pretensões desta pesquisa é obter modelos de conhecimento responsáveis por guiar a escolha de programas e serviços de TV Digital Interativa por meio da participação colaborativa feita por usuários de perfis e contextos similares. Maiores detalhes serão vistos no capítulo 8.

6.2.1 Exemplo ilustrativo

Um exemplo simples e clássico que ilustra o processo de classificação pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Dados referentes ao problema de jogar golfe

Previsão do tempo	Temperatura	Umidade	Jogar?
Ensolarado	30	80	<i>Sim</i>
Ensolarado	26,6	90	<i>Não</i>
Chuvoso	20	80	<i>Sim</i>
Chuvoso	18	70	<i>Não</i>
Ensolarado	20,5	70	?
Chuvoso	24	80	?
Nublado	24	70	?

Na tabela apresentada acima:

- Cada linha é um registro ou instância;
- Cada coluna corresponde a um atributo. Atributos são compostos por valores de dados que se deseja analisar;
- Assume-se que cada registro da base de dados tem os mesmos atributos e que cada atributo tem o mesmo tipo de valor, no caso:
 - Numérico para *temperatura* e *umidade*; e
 - Nominal para *previsão do tempo* (“ensolarado”, “chuvoso” ou “nublado”) e *jogar?* (“sim” ou “não”);
- Eventualmente um atributo de um registro pode ser desconhecido ou estar faltando.

Neste exemplo, o atributo *jogar?* é denominado *atributo-classe*, pois é o atributo alvo da classificação, cujos possíveis valores, como visto, são “sim” ou “não”. Diante disso, pode-se observar que há 7 registros, nos quais:

- 2 estão previamente classificados como “sim” (*jogar?* igual a “sim”);
- 2 estão previamente classificados como “não” (*jogar?* igual a “não”); e

- 3 não estão classificados (*jogar?* desconhecido).

Neste caso, de posse de uma ferramenta de classificação é possível treinar através dos 4 registros classificados para obter o *modelo de conhecimento*, ou seja, realizar a *etapa de classificação*. Em seguida é realizada a *etapa de predição* para identificar qual classe pertence cada um dos 3 registros não classificados, ou seja, os registros que possuem o atributo-classe *jogar?* desconhecido.

É importante salientar que nem sempre a classificação de um dado desconhecido é simples ou trivial: é possível que o modelo de conhecimento construído, dependendo dos dados e dos algoritmos utilizados, não seja capaz de classificar adequada ou corretamente um dado sem classe conhecida.

6.2.2 Análise de Técnicas e Métodos para Tarefa de Classificação

A escolha de uma técnica de mineração de dados a ser aplicada não é uma tarefa fácil (DIAS, 2002). Além disso, não é objetivo desta seção, e nem deste trabalho, fazer uma análise profunda de tais técnicas, sendo que uma discussão mais rica em detalhes sobre esse assunto está fora do escopo deste trabalho.

No entanto, será apresentado um conjunto de técnicas comumente empregadas em tarefas de classificação.

Posto isso, a metodologia consiste em elencar as técnicas com suas características relevantes, segundo os requisitos da infra-estrutura proposta nesta pesquisa, para, enfim, confrontá-las e decidir pelas mais apropriadas. Segundo Goldschmidt e Passos (2005), as técnicas escolhidas devem ser restritas àquelas que sejam compatíveis com as expectativas formuladas para o modelo de conhecimento desejado.

6.2.2.1 Indução de Árvore de Decisão

Alguns dos principais métodos empregados em tarefas de classificação são baseados na construção de árvores de decisão, que é considerada uma aprendizagem a partir de observações.

Uma árvore de decisão é um modelo de conhecimento em que cada nó interno da árvore e diferente do atributo-classe representa uma decisão sobre um atributo que determina como os dados estão particionados pelos seus nós filhos. Sendo assim, cada ramo ligando um nó filho a um nó pai é etiquetado com um valor do atributo contido no nó pai. Existem tantos ramos quantos valores possíveis para este atributo. Cada nó de folha na árvore especifica o valor a ser retornado se aquela folha for alcançada (atributo-classe). Observa-se que nesta técnica há uma abordagem recursiva de particionamento dos dados.

A Figura 21 é uma representação gráfica da árvore de decisão para classificar *jogar-tênis*. Nesta árvore construída é possível observar que o primeiro atributo analisado é o *tempo*. Caso o *tempo* apresente o valor *nublado* a resposta da árvore indica que o usuário deve jogar, porém se for *sol* ainda deve ser analisado o atributo *umidade* para obter a resposta, o mesmo acontece em caso de *chuva*, com o atributo *vento*.

Figura 21 – Exemplo de Árvore de Decisão

O C4.5 (QUILAN, 1993) é um dos mais tradicionais métodos desta técnica. Outros exemplos são: CART, CHAID, C5.0, Quest, SLIQ e SPRINT.

Características da técnica

- Os métodos de mineração de dados variam na capacidade de processar grandes números de campos de entrada, ou seja, muitos campos por registro. Árvores de decisão são apropriadas nestes casos e segundo Dias (2002), este pode ser um fator de decisão da técnica correta;
- Atributos podem ser numéricos ou nominais (pré-determinados);
- Aprende a partir de exemplos;
- Modelo de conhecimento transparente – o conhecimento gerado é facilmente lido, entendido, e analisado pelo homem;

6.2.2.2 Redes Neurais

Redes Neurais Artificiais (RNAs) (RUSSELL; NORVIG, 2004) são algoritmos baseados em simulações simplificadas dos princípios de funcionamento dos neurônios biológicos e da estrutura do cérebro. O esquema básico de um neurônio artificial (*perceptron*) pode ser visto na Figura 22a. Tem-se que:

- Cada entrada x_n tem um peso multiplicativo correspondente (w_n), podendo ter também uma entrada adicional (b ou *bias*);
- O neurônio é responsável por calcular a combinação das entradas e pesos e, em seguida, aplica uma função de ativação ($T(s)$) que determina a saída efetiva do neurônio. Essa função pode ter várias formas: linear, limiar (função degrau), ou ainda uma função que simule mais precisamente as características não lineares do neurônio biológico. Neste último caso, é muito comum a utilização da função sigmóide.
- O treinamento é feito através da apresentação de entradas e resultados conhecidos (aprendizado supervisionado) e ajuste dos pesos com algoritmos específicos.

Figura 22 – Redes Neurais

Um *perceptron* corresponde a um hiperplano no espaço de atributos, podendo separar duas classes linearmente separáveis. Para separar mais de duas classes, como ocorre de costume na maioria dos casos, são necessários vários neurônios combinados em camadas para criar hypersuperfícies (Figura 22b). Neste caso é formada uma rede onde há uma camada de entrada, uma camada de saída e uma ou mais camadas escondidas (*Perceptron* Multicamadas).

Em geral, a camada de entrada do modelo da rede neural recebe os dados pré-processados (atributos preditivos) de cada registro. A rede processa os dados produzindo uma saída (atributo objetivo) cuja natureza varia em função da aplicação. A topologia da rede em si também varia em função da aplicação.

O algoritmo *back-propagation* (retro-propagação do erro) é um algoritmo de aprendizado supervisionado baseado em redes neurais que tem como objetivo minimizar a função de erro entre a saída gerada pela rede neural e a saída real desejada, utilizando o método do gradiente descendente. Outros exemplos: Rede RBF, Rede Time Delay e SMO.

Características da técnica

- Há casos em que vários registros têm a mesma descrição, mas classificações diferentes, ou seja, quando todos os atributos têm o mesmo valor, exceto a própria classificação. Uma saída simples do problema é utilizar uma votação de maioria. O *perceptron* aprende a função maioria com bastante rapidez (RUSSELL; NORVIG, 2004). Ex. avaliação de um

programa como “Excelente” por centenas de usuários de contextos similares (idade, capacidade do dispositivo, localização, dentre outros) e poucos usuários, com contextos também similares, avaliaram como “Muito bom”. Neste caso irá prevalecer a avaliação “Excelente” ;

- Pode haver complexidade no mecanismo de classificação (“caixa-preta”) e dificuldade em interpretar o resultado do algoritmo;
- Alta tolerância a dados contendo ruídos assim como grande confiança dos resultados (AMO, 2004);

6.2.2.3 Algoritmos Genéticos

São modelos computacionais de busca e otimização de soluções em problemas complexos por meio da evolução de populações de soluções codificadas em cromossomos artificiais. Problemas complexos referem-se é aquele de difícil modelagem matemática ou que apresenta um número muito grande, possivelmente infinito, de soluções (GOLDSCHMIDT; PASSOS, 2005). A característica desta técnica está em ser orientada a solução de problemas complexos.

6.2.2.4 Raciocínio baseado em Casos

Utilizando esta abordagem, tem-se que para processar um novo registro é necessário considerar todos os outros registros existentes na base de dados. São algoritmos mais simples de classificação supervisionada e novos dados são facilmente adicionados, porém podem se tornar computacionalmente caros e ter seu desempenho comprometido com a escalabilidade. Na literatura são conhecidos também como *métodos baseados em instâncias* e quando se estuda a área de filtragem colaborativa são denominados *métodos baseados em memória*.

Um dos principais métodos é o denominado K-NN (*K-Nearest Neighbors* – K-Vizinhos mais Próximos) (RUSSELL; NORVIG, 2004). É um método de fácil

entendimento e implementação e que não requer treinamento prévio para ser aplicado. Isso implica em não construir um modelo de conhecimento.

O princípio deste método é intuitivo e segue a seguinte abordagem: se um novo registro não classificado estiver *próximo* de outros K vizinhos com classe conhecida, então a classe deste registro corresponde à classe que a maioria dos vizinhos pertencem. Na Figura 23 há um exemplo considerando 3 vizinhos.

Figura 23 – K-Vizinhos mais Próximos (para $k = 3$)

A proximidade é obtida por meio do cálculo da distância do novo registro a cada um dos registros existentes na base de referência, isto é, o grau de similaridade. Para isso, utiliza-se alguma métrica de distância (Euclideana, Hamming, dentre outras).

Características da técnica

- Algoritmo simples;
- Problemas para tratar com dados não numéricos (cálculo da distância);
- Memorização de registros;
- Por não construir o modelo de conhecimento, é penalizado (ineficiente) no momento de comparar o novo registro com todos os demais. Inviabiliza a escalabilidade (conjunto de dados grande);
- É altamente afetado por atributos redundantes e irrelevantes;

- Dificuldade em interpretar o modelo de conhecimento gerado;
- Não é confiável para dimensões elevadas (muitos atributos), pois os vizinhos mais próximos em tais espaços normalmente estão muito distantes entre si (RUSSELL; NORVIG, 2004).

6.2.2.5 Lógica Nebulosa (Fuzzy)

A lógica nebulosa (do inglês, *fuzzy logic*) é uma teoria matemática que permite modelar informações imprecisas ou vagas do modo aproximado de raciocínio, imitando a habilidade humana de tomar decisões em ambientes de incerteza e imprecisão.

Em tarefas de classificação, esta técnica se destaca por incorporar a sua flexibilidade na adaptação de métodos existentes (por exemplo, versões nebulosas do C4.5), ou seja, serve de complemento à aplicação dos métodos.

6.2.2.6 Modelos Estatísticos - Aprendizagem Bayesiana

Diversos algoritmos de mineração de dados são fundamentados em princípios e teorias da Estatística. Nesta técnica, a aprendizagem bayesiana é a aplicada em tarefas de classificação. E, segundo Russel e Norvig (2004), o classificador bayesiano ingênuo é o mais comum dentre os métodos existentes de aprendizagem bayesiana.

O classificador bayesiano ingênuo baseia-se no Teorema de Bayes, estando relacionado ao cálculo de probabilidades condicionais, ou seja, pode-se dizer que aprendizagem é reduzida à inferência probabilística. O classificador é dito “ingênuo” porque decorre da premissa de que os atributos são independentes uns dos outros, dada a classe.

Há o cálculo de probabilidade para cada hipótese encontrada de modo que as previsões são feitas com o uso de todas as hipóteses, ponderadas por suas probabilidades, em vez de utilizar uma única “melhor” hipótese.

Com valores de atributos observados $x_1, x_2, \dots, x_n$, a probabilidade de cada classe é dada por:

$$P(C/x_1, x_2, \dots, x_n) = P(C) \prod_i^n P(x_i / C)$$

Uma previsão determinística pode ser obtida escolhendo-se a classe mais provável.

Características da técnica

- Responde com probabilidades;
- Combina facilmente conhecimento *a priori* com dados de observação;
- Não tem dificuldade com dados ruidosos. A hipótese verdadeira domina a previsão bayesiana;
- A previsão bayesiana é *ótima*, quer o conjunto de dados seja pequeno ou grande (RUSSELL; NORVIG, 2004);
- Problema nos casos em que nenhuma das instâncias classificadas como “C” tiver o valor do atributo “a” presente. Ex. pode não existir nenhum usuário que, estando na praia (contexto localização), tenha classificado um programa como “muito bom”. A hipótese para este programa não deverá apresentar um valor de probabilidade ($P = 0$);

6.2.2.7 Resumo das técnicas e métodos

Diante dos objetivos da infra-estrutura proposta, a Tabela 4 apresenta os prós e contras de cada técnica estudada e a respectiva decisão de escolha.

Tabela 4 – Análise comparativa sumarizada de técnicas e métodos

Técnica / Método	Prós	Contras	Emprego no trabalho
Árvores de decisão / C4.5	Ideal quando há muitos campos por registro; os atributos podem ser numéricos ou nominais.	Não há.	Escolhido
Redes Neurais / <i>back-propagation</i>	Ideal para função maioria; tolerância a dados contendo ruídos.	Complexidade na geração do classificador.	Escolhido
Algoritmos Genéticos	Não há.	Busca e otimização de soluções em problemas complexos.	Descartado
Raciocínio baseado em Casos / K-NN	Algoritmo simples; não requer etapa de classificação.	Memorização de todos os registros; por não possuir etapa de classificação o torna pouco escalável; afetado por atributos redundantes e irrelevantes; não é confiável para muitas dimensões.	Descartado
Lógica Nebulosa	Modelagem de informações imprecisas.	Em tarefas de classificação, auxilia apenas na adaptação de métodos existentes.	Descartado
Aprendizagem Bayesiana / classificador bayesiano ingênuo	Não tem dificuldade com dados ruidosos, previsão ótima independente do tamanho do conjunto de dados	Problema nos casos em que nenhuma das instâncias classificadas como "C" tiver o valor do atributo "a" presente.	Escolhido

6.2.3 Métricas de Avaliação de Desempenho

A qualidade dos modelos de conhecimento gerados pela tarefa de classificação precisa ser avaliada. A avaliação de um modelo requer a confrontação deste com dados visando à mensuração de algumas medidas que expressem a qualidade deste modelo. Para uma avaliação isenta, os dados utilizados na construção do modelo (dados de treinamento) não devem ser os mesmos para avaliá-lo (dados de teste ou de uso). Diante disso, técnicas de partição do conjunto de dados em treinamento e teste assumem grande importância (GOLDSCHMIDT; PASSOS, 2005).

A técnica de partição do conjunto adotada neste trabalho é a *validação cruzada com K conjuntos* (*K-fold cross-validation*). A validação cruzada pode ser aplicada a qualquer método da tarefa de classificação. A idéia básica é estimar até que ponto cada hipótese irá prever dados não vistos (RUSSELL; NORVIG, 2004). Esta técnica consiste em dividir aleatoriamente o conjunto de dados com N elementos em K subconjuntos disjuntos (*folds*), com aproximadamente o mesmo número de elementos (N / K). Neste processo, cada um dos K subconjuntos é utilizado como conjunto de teste e os ($K - 1$) demais subconjuntos são reunidos em um conjunto de treinamento. Assim, deve-se executar K experimentos, sendo gerados e avaliados K modelos de conhecimento. Os valores comuns para K são 5 e 10.

Para auxiliar a análise dos resultados obtidos na construção dos modelos de conhecimento serão utilizadas algumas medidas de desempenho, a saber: precisão, abrangência e medida F. Todas estas medidas são obtidas pela ferramenta adotada nesta pesquisa para implementar a infra-estrutura proposta (vide seção 8.9.3 – Tecnologias e Ferramentas adotadas). A seguir uma breve explicação acerca das medidas de interesse.

Precisão (*precision*): Mede o quão bem o modelo de conhecimento construído se aplica aos dados. Corresponde ao valor da predição positiva (número de casos positivos por total de casos cobertos), muito influenciada pela especificidade e pouco pela sensibilidade. Especificidade é o número de casos negativos que são verdadeiramente negativos (*True Negative* – TN) e sensibilidade é o número de casos positivos que são verdadeiramente positivos (*True Positive* – TP). Há também o falso negativo (*False Negative* – FN), corresponde ao número de casos previstos negativos que são verdadeiramente positivos e, completando, o falso positivo (*False Positive* – FP) que indica o número de casos previstos positivos que são verdadeiramente negativos.

		Predição	
		$+_p$	$-_p$
Classe verdadeira	$+_v$	TP	FN
	$-_v$	FP	TN

Figura 24 – Exemplo de matriz de acertos / erros

O valor máximo ($Pr = 1$) indica que um caso classificado por essa regra com certeza pertence à classe em questão.

$$Pr = \frac{TP}{TP + FP}$$

Figura 25 – Cálculo da precisão (Pr)

Abrangência (*recall*): Indica o percentual de casos cobertos por um modelo de conhecimento. É calculada por número de casos cobertos pelo número total de casos aplicáveis, sendo muito influenciada pela sensibilidade e pouco pela especificidade. Outros sinônimos de abrangência encontrados na literatura são: cobertura e revocação.

$$Ab = \frac{TP}{TP + FN}$$

Figura 26 – Cálculo da abrangência (Ab)

Quando $Ab = 1$ significa que todos os possíveis registros de uma determinada classe meta foram cobertos por esse modelo de conhecimento.

Medida F (*F-measure*): Usada para mensurar o desempenho global, pois combina valores de precisão e abrangência de um modelo numa única fórmula. O valor ideal para a medida F também é 1.

$$F(Pr, Ab) = \frac{2 \times Pr \times Ab}{Pr + Ab} = \frac{2 \times TP}{2 \times TP + FP + FN}$$

Figura 27 – Cálculo da medida F ($F(Pr, Ab)$)

7 Trabalhos Relacionados

Há na literatura uma vasta quantidade de trabalhos acadêmicos presentes em diversas áreas de pesquisa que aplicam ciência de contexto para solucionar os mais variados problemas, contudo a finalidade deste capítulo consiste na análise de trabalhos recentes encontrados (dos últimos 6 anos, no máximo) que exploram contexto, sua representação e uso no cenário da TV Interativa que mais se correlacionam com o tema proposto, buscando assim contextualizar e identificar a complementaridade deste trabalho no estado da arte.

7.1.1 Uma Arquitetura de Serviço para Avaliação de Contextos em Redes de TV Digital

Em (LEITE et al., 2007) há uma proposta de arquitetura e implementação de um serviço para avaliação de contexto em redes de TV Digital que pode ser usado por provedores de conteúdo televisivo para avaliar o quão apropriado é um determinado programa de TV Digital Interativa, conforme o contexto no qual os usuários estão inseridos. Um programa, no escopo deste trabalho, é composto de vários artefatos computacionais, tais como pequenos aplicativos denominados Xlets enviados pela emissora de TV juntamente com sinais de áudio, vídeo e dados. Exemplos de programas: T-bank, Internet TV e T-games. Desta forma, o problema abordado nesse trabalho consiste no desejo das produtoras de TV de saber se os conteúdos televisivos, neste caso programas materializados, são de interesse e adequado à maioria dos telespectadores, por isso é preciso conhecer o público e suas principais características.

Quanto à classificação das informações de contexto empregadas no trabalho, denotadas como contexto dos telespectadores, há a divisão em três grupos principais: características relativas aos usuários (quem são os telespectadores que estão correntemente utilizando o receptor e suas preferências), à plataforma (resolução do dispositivo de exibição, tipo de canal de retorno, canal sintonizado,

estado atual do receptor incluindo utilização da CPU, memória, armazenamento, dentre outras) e ao ambiente (onde o receptor está inserido, por exemplo, determinando se está em movimento ou parado, quais protocolos de comunicação, qual o nível de qualidade de serviço da rede, dentre outras).

As principais contribuições provenientes do serviço de avaliação de contexto são: (i) definição formal das informações (variáveis) que caracterizam o contexto de um usuário através do uso de uma ontologia de domínio para TV Digital definida e representada com o padrão OWL (*Web Ontology Language*) (BECHHOFFER et al., 2004); (ii) implementação do serviço nos próprios dispositivos receptores dos usuários, abordagem esta justificada pela utilização do processamento ocioso nos dispositivos e a conseqüente diminuição da demanda por processamento nas emissoras; (iii) serviços providos na forma de Serviços Web, sendo que a solicitação é feita a todos os dispositivos simultaneamente através do canal de difusão em conjunto com o protocolo IP por meio do mecanismo conhecido como *Multi Protocol Encapsulation* (MPE), garantindo assim a resposta do dispositivo via canal de retorno utilizando a pilha de protocolos TCP/IP; (iv) mecanismo de inferência baseado em lógica *fuzzy*, também conhecida como lógica nebulosa, para determinar o grau de adequação de um conteúdo televisivo para o contexto dos usuários. A Figura 28 apresenta a arquitetura do serviço de avaliação de contexto.

Figura 28 – Arquitetura do Serviço de Avaliação de Contexto (LEITE et al., 2007)

O foco deste trabalho em termos de verificar o grau de adequação dos artefatos materializados pelos produtores deteve-se principalmente às características relativas a plataforma (exemplo de regra *fuzzy*: **se dispositivo.resolucao = LDTV e vídeo.resolucao = LDTV então artefato é**

ADEQUADO), não havendo maior preocupação em explorar um modelo do usuário mais completo e nem a colaboração entre usuários por meio do compartilhamento de opiniões sobre o conteúdo veiculado, simplesmente identifica que existe um usuário e ele tem preferências.

7.1.2 Uma Arquitetura para Suporte ao Desenvolvimento de Aplicações Sensíveis a Contexto em Cenário de Convergência

O artigo (ANDRADE NETO; FERRAZ, 2006) apresenta uma arquitetura para prototipação (intitulada ContextTV) de aplicações no cenário de convergência entre TV Digital e telefonia móvel (uso de ambas as redes de transmissão – canal de difusão de TV e telefonia móvel) que trata de aspectos de distribuição, armazenamento e acesso às informações contextuais de forma transparente. Esta arquitetura auxilia o desenvolvedor de aplicações no cenário de convergência ao prover uma infra-estrutura para notificações de eventos e processamento de contexto distribuído e ao possibilitar a utilização de uma modelagem genérica de contexto conforme a necessidade de aplicação.

O autor destaca alguns cenários de convergência considerados enriquecidos com funcionalidades sensíveis ao contexto:

- Serviços de *datacasting* que consideram a situação do usuário para apresentação de informações. Pode-se citar como exemplo serviços de aviso sobre situações de emergência e serviços de guias de turismo;
- Serviços de gravação de conteúdo sensível ao contexto que é ativado automaticamente beneficiando-se do perfil do usuário ou por meio da inferência de atividades de costume do usuário;
- Jogos massivos multi-jogadores (do inglês, *Massively Multiplayer Online Game* – MMOG) com suporte a sensibilidade ao contexto que mesclam ambientes virtuais e reais proporcionando um enredo mais elaborado e uma maior variedade de ação.

Os subsistemas envolvidos em um sistema sensível ao contexto deste artigo são denominados provedores e consumidores de contexto. O autor utiliza o termo “fontes de contexto” quando se refere ao mecanismo responsável pela obtenção de contexto das entidades. Tais fontes de contexto são classificadas como locais, quando o contexto é inferido sem a necessidade de outros componentes distribuídos, podendo ser de forma direta através de APIs específicas, informações explícitas dadas pelos usuários, arquivos de configuração, dentre outras; ou externas, que representam as informações de contexto que não podem ser adquiridas localmente, sendo providas de outros sistemas, via canal de difusão ou canal de interatividade da rede celular.

Figura 29 – ContextTV no cenário de convergência (ANDRADE NETO; FERRAZ, 2006)

A arquitetura ContextTV descrita no artigo é composta de duas entidades: cliente e servidor, conforme a Figura 29. Em ambas há um gerenciador de contexto no qual os seus serviços são expostos para as aplicações através de uma API (API ContextTV). Dentre as principais funcionalidades disponibilizadas pelos serviços, pode-se destacar: realização de consultas do estado de determinado contexto; subscrição e notificação de eventos de mudança de contexto; registro, pela aplicação, de fontes de contexto locais, de rede celular ou de rede de difusão; disseminação de mudança de estado das informações de contexto adquiridas por uma fonte de contexto local. No caso do servidor ContextTV o gerenciador de contexto possui, além das funcionalidades descritas acima, uma interface para receber requisições dos clientes e a possibilidade de integração com serviços de operadoras de rede celular, permitindo assim o envio de notificações *unicast*

assíncronas para clientes registrados. E, por fim, há também uma interface de Serviços Web para que provedores externos forneçam atualizações ou até mesmo novas informações de contexto ao ContextTV.

Algumas considerações devem ser feitas sobre este trabalho. Em termos de modelagem de contexto, a abordagem é muito genérica (fontes de contexto para “tudo”), inclusive não apresentando com clareza como é realizada a representação das informações contextuais, sendo este um requisito crítico em sistemas sensível a contexto visando à interoperabilidade.

É importante ressaltar também que não faz parte do escopo deste trabalho propor ou implementar tecnologias para aquisição e interpretação de contexto, apenas aspectos relacionados à distribuição, armazenamento e acesso às informações contextuais em um cenário convergente.

7.1.3 Modelagem de Ambientes Interativos Conscientes de Contexto: Uma Abordagem Baseada nos Padrões MPEG-4 e MPEG-7

A questão da modelagem de contexto é alvo de alguns trabalhos encontrados na literatura, dentre eles a pesquisa de Santos Júnior (2002). Em seu trabalho de doutorado, Santos Júnior (2002) propôs uma modelagem que visa definir e formalizar, suas principais contribuições, novos tipos de interações geradas por uma aplicação inserida em um ambiente interativo consciente de contexto, especificando métodos para integração de tecnologias como MPEG-4 e MPEG-7.

Nesta tese, ambiente é definido como sendo uma entidade que engloba uma aplicação multimídia interativa (TV Interativa, vídeo-conferência ou VoD), toda a infra-estrutura de comunicação necessária, elementos de hardware e software, dispositivos sensoriais e suporte à interação do usuário, além do próprio usuário.

Dado que o usuário está inserido em um ambiente cada vez mais interativo, principalmente devido à ubiquidade computacional, é notória a necessidade de melhora na interação deste usuário com o ambiente. Uma forma para melhorar esta interação é através do aperfeiçoamento da comunicação entre o usuário e o ambiente com o uso de informações contextuais durante o processo de interação (SANTOS JÚNIOR, 2002). Diante deste fato, a modelagem proposta oferece um

conjunto bem definido das interações geradas pela comunicação entre as entidades usuário, rede, aplicação e terminal. Tais interações são denominadas completas por cobrir os diversos níveis de interação.

De modo geral, o autor justifica que o suporte à consciência de contexto em aplicações interativas pode ser usado para: controlar objetos de mídia de uma cena; adaptação dinâmica da aplicação às condições da rede de comunicação e; adaptação dinâmica da aplicação ao contexto do usuário.

A modelagem é composta pela especificação e integração, via agentes de software, de três modelos:

- NECTAR (*Network Environment with Context-Awareness Rules*): cobre a infra-estrutura de comunicação necessária a aplicações interativas conscientes de contexto, principalmente em termos dos requisitos de rede;
- SPICE (*Schemes for Interaction on Context-Aware Environments*): cobre os aspectos de modelagem que definem esquemas e critérios de interação para o modelo de interações completas (usuário-rede-aplicação);
- PRACTIC (*Profile for Context-Aware Interactive Applications*): cobre o modelo da geração de perfis de aplicações interativas

Uma outra contribuição apresentada está relacionada à definição dos conceitos de programa interativo e de perfil de aplicação interativa, compatíveis com as tecnologias MPEG-4 e MPEG-7, gerando extensões para possibilitar o uso integrado da aplicação com ambiente.

Programa interativo é definido como o conjunto completo dos componentes de mídia, incluindo as suas descrições, uma sinopse e sua programação (Figura 30). Em termos de estruturação, é usado MPEG-7 DDL (ISO/IEC 15938-2, 2001), e *Schedule* e *Summary* do TV-Anytime (TV-ANYTIME, 2007b).

Figura 30 – Componentes de um programa interativo, segundo Santos Júnior (2002)

Há muitas formas de apresentação de programas devido ao grande número de mídias e descrições disponíveis. Sendo assim, cada programa pode ter diversos perfis que podem ser diferenciados pelo tipo de interação, mídia disponível, aspectos de *layout* e customização (SANTOS JÚNIOR et al., 2001b). Tais aspectos são consolidados no conceito de perfil de programa interativo (Figura 31).

Figura 31 – Elementos de um programa interativo que formam um perfil (SANTOS JÚNIOR, 2002)

O foco deste trabalho, conforme visto, não se limita à interação entre usuário e computador, mas sim na interação deste mesmo usuário com o ambiente interativo como um todo para melhorar a comunicação entre ambos. Há também a sinalização de que com o uso de perfis em conjunto com informações de contexto, uma aplicação pode realizar a associação do contexto com a informação para posterior recuperação, como, por exemplo, o armazenamento de informações contextuais durante uma sessão de multimídia interativa, relacionando observações do usuário com os assuntos chave que fazem parte da descrição de uma ou mais cenas desse vídeo. No entanto, constata-se que não se explorou a modelagem desenvolvida para realizar uma análise conjunta da interação de diversos usuários, ou seja, um caráter participativo.

Além disso, um outro fato a ser mencionado é que dentro do próprio elemento que representa o contexto (*<Context>*), definido na modelagem, há ações que devem ser realizadas em determinadas situações. Visando obter um maior grau de liberdade, é interessante que a ação não fique vinculada aos metadados, podendo assim pertencer a diferentes lógicas de negócio, dependendo da aplicação.

7.1.4 Personalização e adaptação de conteúdo baseadas em contexto para TV Interativa

Um dos objetivos presente na tese de doutorado de Goularte (2003) é o desenvolvimento de técnicas com suporte à ciência de contexto para desenvolver um serviço responsável por realizar personalização e adaptação de conteúdo em TV Interativa, resultando assim em programas de interesse do usuário segundo suas preferências e possibilidade de acesso através de dispositivos heterogêneos (fixos ou móveis). A nomenclatura TV Interativa adotada refere-se à convergência entre a chamada (i) TV expandida – classificação de TV que utiliza unidades receptoras decodificadoras (URDs) para oferecer serviços de informações adicionais da programação convencional e acesso à Internet através da TV – e a (ii) TV personalizada – TV que utiliza uma versão mais elaborada de URDs, os gravadores digitais pessoais (do inglês, *Personal Digital Recorders* – PDRs), que tem como principal funcionalidade a gravação de programas de TV. Dentre as iniciativas de destaque para padronizar a TV personalizada está o TV-Anytime Fórum que visa oferecer serviços independente do modo de distribuição.

Para validar a idéia do serviço de personalização e adaptação definiu-se uma infra-estrutura para produção, distribuição e consumo de programas de TV Interativa.

Goularte (2003) evidencia que um grande problema encontrado na literatura está na carência de suporte a informações de contexto em termos de representação, descrição e composição de programas de TV Interativa. Tal fato inviabiliza o projeto de aplicações avançadas neste cenário dado o reconhecido potencial oferecido por esse tipo de informação. Destaca que as especificações de programas propostas pelo TV-Anytime Fórum não fornecem suporte estruturado para informações de contexto, isso significa que apesar do Fórum reconhecer a importância do uso de metadados na TV Interativa, não está previsto o uso explícito da computação ciente de contexto como meio para facilitar novos tipos de interações, como por exemplo entre aplicações e o sistema.

Para suprir tal necessidade as técnicas desenvolvidas pelo autor são baseadas em Esquemas de descrição (*Description Schemes* – DSs) compatíveis com o padrão MPEG-7.

É interessante também ressaltar que a infra-estrutura definida segue o modelo funcional de referência do TV-Anytime (TV-ANYTIME, 2007a) para sistemas de TV Interativa. Com isso foi possível identificar as entidades da cadeia produtora, distribuidora e consumidora de conteúdo, visto que diante do grande interesse das indústrias de telecomunicações, de entretenimento e televisiva na padronização da TV Interativa, o TV-Anytime Fórum destacou-se dentre os esforços nesta direção.

Os tipos de contexto são classificados em: Infra-estrutura, Sistema, Usuário, Aplicação, Domínio e Ambiente. Nesta organização o autor considera o tipo Infra-estrutura sendo composto por representações do estado dos componentes: rede, dispositivos e serviços. O tipo de contexto Sistema engloba as representações dos contextos do Usuário, da Aplicação e da Infra-estrutura. E, por fim, a modelagem e representação dos contextos do Domínio e do Ambiente não foram explorados pelo trabalho, apesar de serem classificados como tipos de contexto.

Figura 32 – Tipos de Contexto (GOULARTE, 2003)

De posse destes tipos de contexto é possível representar as entidades contextuais. Os componentes da Infra-estrutura (rede, serviços e dispositivos) são considerados generalizações para as entidades contextuais. Assim, um novo dispositivo criado como tipo *Tablet*, por exemplo, é uma entidade derivada por extensão do tipo dispositivo. No caso da Aplicação e Usuário são tipos que representam as entidades contextuais diretamente.

Conforme apresentado no capítulo 5 onde contexto é definido, a situação de uma entidade é caracterizada por um conjunto de informações de contexto. Tais informações são indexadas pelo contexto primário que reúne os componentes: Identidade, Localização, Tempo e Atividade. Em termos práticos, o desenvolvedor

deve utilizar os componentes citados durante a instanciação de uma entidade contextual.

Os estudos realizados pelos dois últimos trabalhos relacionados serviram como base para a modelagem e representação proposta nesta pesquisa, conforme pode ser visto na seção 8.6.

7.1.5 Context Aware Personalized Ad Insertion in an Interactive TV Environment

O crescimento da TV Digital via satélite, cabo e terrestre, ou pelo menos o seu surgimento em algumas partes do mundo, tem conduzido anunciantes a produzir propagandas personalizadas (MORRIS; SMITH-CHAIGNEAU, 2005), um fenômeno que já é realidade na Internet, como é o caso, por exemplo, dos serviços de *links* patrocinados (ex. AdSense⁷) no qual anúncios são escolhidos de acordo com o conteúdo do site, a localização geográfica do usuário entre outros fatores que proporcionam anúncios menos intrusivos que a maioria dos *banners*.

Diante deste cenário, o artigo de Thawani; Gopalan e Sridhar (2004) justifica que a ciência de contexto em aplicações de TV Interativa pode ser usada como uma poderosa ferramenta na entrega de propagandas relevantes e personalizadas baseadas no contexto do usuário. Neste trabalho há uma proposta de arquitetura para seleção e inserção de propagandas (anúncios) cientes de contexto no conteúdo provindo de canal de difusão. A abordagem usada pelo autor é baseada na agregação de informações de contexto atuais e passadas do usuário para determinar a melhor propaganda a ser apresentada.

O artigo representa os contextos considerando a classificação definida por Dey e Abowd (2000): localização, identidade, atividade e tempo.

As informações de localização do usuário em casa como “usuário está na sala” ou “usuário está na cozinha”, por exemplo, podem ser usadas para determinar o contexto de localização do usuário.

⁷ <https://www.google.com/adsense>

Em termos de informações de identidade no ambiente de TV Interativa, a caracterização é feita pela:

- Identidade do usuário: corresponde ao perfil do usuário contendo nome, idade, ocupação, gênero, canais favoritos, canais e filmes de interesse;
- Identidade do dispositivo: são os atributos específicos do terminal como resolução, conectividade, dentre outros
- Identidade do conteúdo: são informações relativas aos programas como categoria e gênero, por exemplo; e
- Identidade do evento: pode ser eventos de difusão, da rede e de sensores.

O contexto atividade tem grande importância no trabalho sendo caracterizado por:

- Atividade do usuário: alguns exemplos são “usuário assistindo TV com a família”, “usuário assistindo TV enquanto trabalha em casa” e “usuário assistindo TV enquanto realiza trabalhos domésticos”;
- Atividade do dispositivo: inclui, tipicamente, informações de uso do dispositivo pelo usuário; e
- Atividades passadas: as informações de histórico do usuário e do dispositivo também pertencem ao contexto atividade. Neste caso inclui a interação do usuário com os programas e propagandas, compras realizadas, e páginas e canais visitados.

E, por fim, as informações de tempo são úteis para representar o tempo presente, bem como o tempo registrado no histórico segundo a programação e os canais vistos, e o momento da interatividade.

Figura 33 – Informações de contexto genéricas descritas por (THAWANI; GOPALAN; SRIDHAR, 2004)

Na arquitetura proposta, todo o processamento referente à seleção e inserção de propagandas na programação é feito por subsistemas embarcados no próprio dispositivo do usuário, assim como a abordagem adotada por Leite et al. (2007). Até mesmo porque um dos objetivos vislumbrados é desenvolver um *set-top box* com funcionalidades avançadas. Dentre os subsistemas, é possível identificar três relevantes a serem citados: UId (*User Identification*), CoD (*Context Derivation*) e CaASI (*Context-aware Ad Selection and Insertion*).

O subsistema UId tem por função identificar o usuário por meio do processamento de informações tais como o que o usuário gosta, as horas e canais típicos que o usuário assiste TV e suas aquisições mais recentes. Já o subsistema CoD corresponde à determinação das informações de contexto corrente (*Current Context* – CCo), ou seja, da atividade corrente como, por exemplo, a identificação do que o usuário está assistindo, qual sua idade, o programa atual e o seu tipo, dentre outras obtidas por fontes diretas; e de contexto passado (*Analysed ou Aggregated Context* – ACo), que contém as seqüências de contexto do passado analisadas e agregadas para derivar tendências de uso e preferências em forma de regras.

Por fim, o subsistema CaASI é responsável pela seleção e inserção de propagandas propriamente dita no conteúdo do canal de difusão baseado nas informações de contexto, obtidas pela consulta das informações do subsistema CoD, para ser apresentado ao usuário.

Este trabalho abordou, de forma interessante, o emprego de conceitos de ciência de contexto em termos das categorias de contexto (DEY; ABOWD, 2000), inclusive na concepção dos subsistemas responsáveis por derivar informações de contexto atuais e passadas (CCo e ACo, respectivamente) e aplicar em uma ferramenta de inserção de propagandas.

8 A Infra-estrutura CollaboraTVware

8.1 Considerações iniciais

Este capítulo apresenta a infra-estrutura CollaboraTVware. Com este propósito é apresentada, inicialmente, uma breve descrição de possíveis cenários de uso da infra-estrutura. Em seguida há o levantamento de requisitos funcionais e não funcionais acompanhados pelo diagrama de casos de uso. Os capítulos 4 e 5 serviram como base para definição, neste capítulo, do modelo de usuário e do contexto da interação do usuário utilizados pelo CollaboraTVware. E, por fim, a principal contribuição desta dissertação é apresentada: a arquitetura, o projeto e a implementação do CollaboraTVware.

8.2 Descrição de Cenários de Uso

Para facilitar a compreensão do trabalho optou-se por apresentar nesta seção a descrição de possíveis cenários nos quais a solução proposta está inserida como forma de ilustrar a idéia. Os cenários são apresentados em forma de pequenas histórias.

(i) *“Paulo, um senhor de 55 anos de idade, caminha pela praia no período da manhã, aproximadamente 7h30min, e resolve parar em um quiosque para beber uma água de coco. Neste momento ele decide assistir a um programa de dicas de exercícios físicos em seu dispositivo móvel portátil. Paulo é uma pessoa que tem grande interesse em programas relacionados à saúde. Diante de vários programas semelhantes existentes, Paulo gostaria de ver aquele que mais se adeque ao seu perfil e que foi bem avaliado por outros usuários.”*

(ii) “Rogério, em uma viagem de negócios, pega um táxi no aeroporto de São Paulo em direção ao centro da cidade. O veículo possui uma TV móvel onde Rogério resolve acompanhar as notícias através de um programa jornalístico local. Há diversos programas de notícias, porém ele não quer perder tempo navegando dentre eles e acha interessante se pudesse acompanhar aquele que muitos outros usuários indicaram.”

(iii) “Marisa, uma adolescente de 14 anos que tem interesse em programas educativos, de posse de seu PDA, quer interagir com um programa de ensino (T-learning) para aprender assuntos referentes ao aquecimento global na Terra. O seu PDA apresenta dimensões de tela reduzidas e limitadas. Será que alguém já aprendeu e gostou de algum programa de ensino similar? Ela então interage com o programa “Curiosidades do Planeta”, um dos programas dentre os indicados, durante alguns minutos e ao final da sua pesquisa escolar conceitua este serviço como muito bom.”

A Figura 34 ilustra, de forma resumida, outros possíveis cenários de uso aplicáveis.

Figura 34 – Exemplos de Cenários de Uso

Um olhar mais atento para os cenários descritos revela que, além do fato de utilizarem a TV, o perfil do usuário e algumas informações implícitas, isto é, contextuais, estão presentes – *“um senhor de 55 anos de idade”, “praia”, “7h30min da manhã”, “interesse em programas relacionados à saúde”, “São Paulo”, “dispositivo móvel portátil”, “programa de notícias”, “14 anos”, “interesse em programas educativos”, “seu PDA”, “dimensões de tela reduzidas e limitadas”, “programa de ensino” e “alguns minutos”*. A participação também pode ser observada, tanto no seu uso, como aconteceu com Paulo e Rogério ao assistirem a um programa bem avaliado, quanto na colaboração, quando Marisa conceitua o programa *“Curiosidades do Planeta”* como *“muito bom”*.

É importante ressaltar que, apesar de não estar explícito nos cenários apresentados, um usuário pode, e acontecerá constantemente, estar em contextos diferentes ao longo do tempo. Exemplo: *“Rogério volta para casa após a reunião de negócios e decide assistir a um jogo de futebol do seu time na sua TV que recebe sinal digital através do set-top box”*. Não é mais o noticiário e nem mesmo a TV móvel do táxi, ou seja, um outro contexto.

8.3 Levantamento de Requisitos da Infra-estrutura

Esta seção é responsável por apresentar o levantamento de requisitos a serem atendidos para a concepção da infra-estrutura CollaboraTVware. Vale lembrar que esta infra-estrutura visa auxiliar na solução do problema da sobrecarga de conteúdo presente na TV Digital Interativa através de um *serviço de classificação*, capaz de extrair padrões a partir de um conjunto de participações colaborativas obtidas de diversos usuários, e um *serviço de predição*, responsável por auxiliar, de posse dos padrões obtidos pelo serviço de classificação, na escolha de programas e serviços por um determinado usuário conforme o seu perfil e contexto.

No escopo deste trabalho, a participação colaborativa corresponde à **avaliação** atribuída pelos usuários no sentido de expressar a sua opinião sobre o programa ou serviço interativo consumido conforme índices pré-definidos. Esta opinião pode ser uma avaliação tradicional como por exemplo: “ruim”, “regular”, “bom”, “ótimo”, “excelente”; pode também representar o grau de satisfação no uso

de um determinado serviço interativo: “muito insatisfeito”, “insatisfeito”, “pouco satisfeito”, “satisfeito” ou “muito satisfeito”; ou até mesmo expressar uma opinião que tenha uma relação direta com natureza do conteúdo em questão, como é o caso de um programa educativo com as seguintes avaliações a serem escolhidas pelos usuários: “básico”, “intermediário”, “avançado”, “pouco didático”, “didático”, dentre outras. Ou então, no caso de um programa jornalístico: “pouco informativo”, “informações formativas”, “interessante”, “informações como diversão”, “notícias que distraem”, “sensacionalista” e “entretenimento”. Como pôde ser visto, a avaliação pode variar conforme o estudo de caso a ser aplicado.

Um outro termo também empregado no trabalho é **modelo de conhecimento**. Um modelo de conhecimento, conforme visto na seção 6.2 e exemplificado na seção 6.2.1, pode ser traduzido como o resultado obtido do aprendizado supervisionado de uma função em uma tarefa de classificação. Neste trabalho referem-se aos padrões extraídos pelo serviço de classificação e utilizados pelo serviço de predição. Tais serviços e modelo de conhecimento serão discutidos em detalhes mais adiante na arquitetura proposta (seção 8.7).

Antes de serem apresentados os requisitos propriamente dito é importante mencionar também que a infra-estrutura CollaboraTVware é composta por dois subsistemas: dispositivo do usuário e provedor de serviços.

A seguir são enumerados os requisitos funcionais e requisitos não funcionais identificados.

8.3.1 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais (RFs) descritos abaixo foram classificados em dois tipos: RF-DU quando se referir a um requisito funcional do dispositivo do usuário; e RF-PS no caso de ser um requisito funcional do provedor de serviços.

- RF-DU.1 – Monitorar a interação do usuário com a programação disponível;
- RF-DU.2 – Registrar informações monitoradas na forma de histórico e agregá-las para serem enviadas ao provedor de serviços;

- RF-DU.3 – Atualizar o modelo do usuário de acordo com as informações obtidas diretamente do usuário;
- RF-DU.4 – Atualizar o modelo do usuário de acordo com as informações obtidas pela monitoração da interação;
- RF-DU.5 – Possibilitar o registro da avaliação atribuída pelo usuário a um determinado programa;
- RF-DU.6 – Prover um serviço de predição responsável por, de posse de modelos de conhecimento obtidos, predizer a avaliação dos programas aos usuários conforme o seu perfil e contexto corrente;
- RF-PS.1 – Prover um serviço responsável por obter informações agregadas dos dispositivos dos usuários e persisti-las;
- RF-PS.2 – Prover um serviço de classificação capaz de criar modelos de conhecimento segundo a avaliação de programas realizada por diversos usuários;
- RF-PS.3 – Prover formas de verificar o desempenho dos modelos de conhecimento gerados;
- RF-PS.4 – Prover um serviço de difusão de modelos de conhecimento a vários usuários simultaneamente;

8.3.2 Requisitos Não Funcionais

A seguinte relação de requisitos não funcionais (RNF) deve estar presente na solução:

- RNF.1 – Por questões de interoperabilidade, a infra-estrutura proposta deve ser alinhada com padrões de metadados voltados para TV Interativa (MPEG-7, MPEG-21 e TV-Anytime), mesmo que seja necessário estendê-los;
- RNF.2 – Identificar e modelar as informações contextuais utilizadas pela infra-estrutura no dispositivo do usuário;

- RNF.3 – A infra-estrutura deve disponibilizar uma API (*Application Programming Interface*) no dispositivo do usuário para que as aplicações tenham acesso às suas funcionalidades;
- RNF.4 – Em termos de cenário, deve fundamentar-se no modelo funcional de referência do TV-Anytime para sistemas de TV Interativa (TV-ANYTIME, 2007a) como arquitetura de referência, bem como explorar o modelo de canal de retorno intermitente também proposto pelo TV-Anytime (TV-ANYTIME, 2000) devido à necessidade de comunicação no sentido dispositivo do usuário – provedor de serviços;
- RNF.5 – Solução independente de *middleware* embarcado, porém necessita da presença de máquina virtual Java (presente nos *middlewares* existentes, vide seção 2.1.2.1) e canal de retorno disponível (uso da pilha de protocolos TCP/IP);
- RNF.6 – Escalabilidade: é importante que a solução tenha escalabilidade de modo que parte do processamento deva ser distribuído, ou seja, realizado no dispositivo do usuário;
- RNF.7 – Privacidade: filtragem daquilo que deve e o que não deve ser compartilhado com os provedores, ou seja, definir o que é de caráter confidencial. A identificação do usuário (ID) e o seu nome, por exemplo, são informações confidenciais e o seu uso na infra-estrutura deve ser dispensado.

8.4 Diagrama de Casos de Uso

Diante dos requisitos levantados na seção anterior, é possível definir os casos de uso que visam facilitar o entendimento do funcionamento do sistema em um nível mais alto de abstração.

Na infra-estrutura proposta, foram identificados os seguintes atores:

- **EPG Colaborativo:** corresponde a uma aplicação que utiliza o subsistema do dispositivo do usuário. Pode-se então concluir que a interação do usuário com a infra-estrutura proposta dá-se indiretamente através do EPG colaborativo.

- **Administrador do Provedor de Serviços:** representa a entidade que interage com o subsistema do provedor de serviços.

A Figura 35 apresenta o diagrama de casos de uso proposto para o CollaboraTVware.

Figura 35 – Diagrama de Casos de Uso do CollaboraTVware

Descrição dos Casos de Uso

Caso de Uso: 01	Configurar Informações do Usuário
Atores	EPG Colaborativo
Descrição	O usuário, via EPG, informa explicitamente os seus dados pessoais, tais como: idade, sexo, língua, ocupação; e as suas preferências explícitas referentes ao grau de preferência por um determinado gênero, preferências relacionadas à codificação de áudio e vídeo, dentre outras. Estes dados podem ser alterados a qualquer momento.
Evento Iniciador	Chamadas realizadas pelo EPG.
Pré-condição	EPG em execução.

Pós-condição	Registro de informações do usuário.
Extensões	Não há extensões.
Inclusões	Não há inclusões.

Obs. De modo geral, as configurações de informações de usuário são feitas por um outro ator, pois tais informações podem ser utilizadas por outras aplicações, além do EPG Colaborativo. No entanto, no escopo deste trabalho e para facilitar a apresentação, tal funcionalidade é realizada pelo próprio EPG Colaborativo.

Caso de Uso: 02	Monitorar Interações com a Programação
Atores	EPG Colaborativo
Descrição	O EPG deve informar os eventos, relevantes ao subsistema do dispositivo do usuário, que correspondem às ações realizadas pelo usuário na interação com a programação. Estas ações podem ser o início, pause e fim de observação (consumo); ou então a atribuição ou solicitação da avaliação de um determinado programa.
Evento Iniciador	Chamadas realizadas pelo EPG.
Pré-condição	EPG em execução e programação disponível.
Pós-condição	Atualização das preferências implícitas do usuário.
Extensões	Casos de Uso “Avaliar Programa” e “Consultar Avaliação de Programa”.
Inclusões	Caso de Uso “Gerar Histórico de Uso Participativo”

Caso de Uso: 03	Avaliar Programa
Atores	EPG Colaborativo
Descrição	O EPG solicita ao subsistema do dispositivo do usuário que registre a avaliação atribuída pelo usuário a um determinado programa. Neste momento também são agregadas, para cada programa avaliado, informações provenientes do modelo do usuário, características do dispositivo e do contexto do usuário para serem úteis a outros usuários com perfis e contextos similares quando executarem o Caso de Uso “Consultar Avaliação de Programa”.

Evento Iniciador	Solicitação de registro de avaliação de programa realizada pelo EPG.
Pré-condição	EPG em execução.
Pós-condição	Avaliação registrada e informações agregadas.
Extensões	Não há extensões.
Inclusões	Não há inclusões.

Caso de Uso: 04	Gerar Histórico de Uso Participativo
Atores	EPG Colaborativo
Descrição	Ao monitorar a interação do usuário com a programação é gerado o histórico de uso participativo contendo, essencialmente, o momento da interação, a identificação do programa, a duração total de consumo deste programa e a avaliação atribuída pelo usuário.
Evento Iniciador	Término da observação de cada programa que o usuário tenha avaliado.
Pré-condição	EPG em execução e programação disponível.
Pós-condição	Registro de histórico de uso participativo.
Extensões	Não há extensões.
Inclusões	Não há inclusões.

Caso de Uso: 05	Transmitir Informações Agregadas ao Provedor de Serviços
Atores	EPG Colaborativo
Descrição	O EPG agenda o envio do conjunto de informações agregadas referentes aos programas avaliados pelo usuário (Caso de Uso “Avaliar Programa”) ao provedor de serviços. Um temporizador acusa o momento de executar esta ação (ex. no final de cada dia, a cada hora, dentre outras formas levando em consideração a intermitência do canal de retorno).
Evento Iniciador	Chamada realizada pelo EPG.
Pré-condição	Existência de informações agregadas.
Pós-condição	Informações agregadas enviadas ao provedor de serviços.
Extensões	O dispositivo pode não estar apto para transmitir as informações devido a

	problemas de estabelecimento de conexão (físicos, intermitência do canal etc). Neste caso um novo agendamento deve ser realizado.
Inclusões	Não há inclusões.

Caso de Uso: 06	Obter Informações Agregadas Provenientes dos Dispositivos
Atores	Administrador do Provedor de Serviços
Descrição	O administrador habilita o serviço no subsistema do provedor de serviços responsável por ficar aguardando e recebendo informações agregadas dos subsistemas dos dispositivos dos usuários (Caso de Uso “Transmitir Informações Agregadas ao Provedor de Serviços”) para serem persistidas na base de dados.
Evento Iniciador	Invocação feita por um subsistema do dispositivo do usuário para transmissão de informações.
Pré-condição	Serviço de obtenção disponível para ser executado.
Pós-condição	Informações persistidas.
Extensões	Não há extensões.
Inclusões	Não há inclusões.

Caso de Uso: 07	Gerar Modelos de Conhecimento
Atores	Administrador do Provedor de Serviços
Descrição	O administrador seleciona o(s) programa(s) no(s) qual(is) deseja construir o(s) modelo(s) de conhecimento. O(s) modelo(s) de conhecimento é(são) gerado(s) através de um serviço de classificação, visto em detalhes na seção 8.7.
Evento Iniciador	Acionamento do serviço.
Pré-condição	Existência de informações agregadas coletadas dos subsistemas dos dispositivos dos usuários.
Pós-condição	Modelos de conhecimento gerados. Tais modelos já estão disponíveis para serem transmitidos (via canal de difusão).
Extensões	Casos de Uso “Verificar Desempenho dos Modelos de Conhecimento” e “Ativar a Difusão de Modelos de Conhecimento”.

Inclusões	Não há inclusões.
-----------	-------------------

Caso de Uso: 08	Verificar Desempenho dos Modelos de Conhecimento
Atores	Administrador do Provedor de Serviços
Descrição	O administrador realiza a análise de desempenho do(s) modelo(s) de conhecimento selecionado(s) no subsistema do provedor de serviço. Esta análise é feita através da verificação de algumas métricas (precisão, abrangência e medida F).
Evento Iniciador	Pedido de verificação de desempenho.
Pré-condição	Existência do(s) modelo(s) de conhecimento.
Pós-condição	Resultado da análise (valores obtidos das métricas).
Extensões	Não há extensões.
Inclusões	Não há inclusões.

Caso de Uso: 09	Ativar a Difusão de Modelos de Conhecimento
Atores	Administrador do Provedor de Serviços
Descrição	O administrador seleciona o(s) modelo(s) de conhecimento que deve(m) ser enviado(s) aos usuários e em seguida agenda o momento da difusão.
Evento Iniciador	Acionamento do serviço.
Pré-condição	Existência do(s) modelo(s) de conhecimento.
Pós-condição	Modelos de conhecimento enviados conforme o momento agendado.
Extensões	Não há extensões.
Inclusões	Não há inclusões.

Caso de Uso: 10	Consultar Avaliação de Programa
Atores	EPG Colaborativo
Descrição	Diante de um programa identificado, o EPG solicita ao subsistema do dispositivo do usuário qual é a sua avaliação segundo as avaliações atribuídas por meio da colaboração de usuários com perfis e contextos

	similares. É então obtida a predição da avaliação do programa através de um serviço de predição, visto em detalhes na seção 8.7.
Evento Iniciador	Solicitação de obtenção de avaliação do programa realizada pelo EPG.
Pré-condição	No dispositivo do usuário deve haver disponível o <i>modelo de conhecimento</i> do programa em questão para que a avaliação seja encontrada.
Pós-condição	Apresentação da avaliação do programa.
Extensões	Não haver o <i>modelo de conhecimento</i> do programa. Neste caso não é possível retornar a avaliação.
Inclusões	Não há inclusões.

8.5 Modelagem de Usuário

O capítulo 4 abordou os fundamentos do modelo do usuário apontando que são muitas as informações relacionadas ao usuário que podem ser modeladas em um sistema e que devem ser adaptadas conforme o domínio da aplicação. No escopo deste trabalho, é importante identificar quais informações que a infraestrutura proposta deve conhecer sobre o usuário e que são relevantes para o funcionamento da infra-estrutura.

O modelo do usuário utilizado é apresentado na Figura 36.

Figura 36 – Modelo do Usuário empregado pelo CollaboraTVware

Os dados pessoais se caracterizam por conter informações que identificam o usuário e que raramente são alteradas.

As preferências do usuário descrevem o conjunto de informações de maior relevância identificadas pelo usuário relacionadas ao consumo de conteúdo (programas, em geral) em um cenário de TV Digital Interativa. São consideradas, por exemplo, as preferências por determinados gêneros com o seu respectivo grau de preferência, país de origem, palavras-chave e preferências relacionadas à codificação de áudio e vídeo.

Conforme pode ser observado na Figura 36, as preferências são divididas segundo a sua forma de obtenção: explícitas e implícitas. As preferências explícitas correspondem aquelas em que as informações são fornecidas e atualizadas diretamente pelo usuário (abordagem vista na seção 4.2.2 – Informação direta e colaborativa). Já as preferências implícitas são aquelas provenientes do registro do comportamento do usuário através da sua interação com a infra-estrutura (abordagem vista na seção 4.2.1 – Interação do usuário).

No contexto deste trabalho, as preferências implícitas são calculadas em função do tempo que um usuário consome um programa. Adotou-se um algoritmo semelhante ao apresentado por Yu e Zhou (2004), onde sua implementação consiste na atualização de uma métrica que representa o peso atribuído ao gênero i , sendo que o gênero i corresponde ao gênero do programa consumido. A fórmula que retrata este algoritmo é apresentada nas equações eq.(1) e eq.(2).

$$w_i^{atual} = (1 - \alpha) * w_i^{anterior} + \alpha * \beta \quad (1)$$

$$\beta = \frac{T_p}{T_t} \in [0, 1] \quad (2)$$

onde,

w_i^{atual} = peso do gênero i após a atualização;

$w_i^{anterior}$ = peso do gênero i antes da atualização, onde $w_i^{anterior} = 0$ se o gênero i não possuir valor prévio;

α = taxa de aprendizagem que determina o quão rápido o perfil do usuário esquece as preferências antigas e considera as novas, sendo $0 \leq \alpha \leq 1$;

β = razão entre o tempo que o usuário consumiu o programa (T_p) e a duração total do programa (T_t);

É importante deixar claro que novas formas de obter a métrica de preferências implícitas podem ser estudadas e adotadas em trabalhos futuros, pois não é objetivo deste trabalho abordar em detalhes técnicas de personalização.

A modelagem do histórico de uso de programas consumidos pelo usuário também pertence ao modelo do usuário. Neste trabalho, o histórico de uso registra a monitoração da interação do usuário e recebe a denominação **histórico de uso participativo**, pois a avaliação (atributo-classe da tarefa de classificação, conforme será visto na seção 8.7.1), atribuída pela participação do usuário, também é registrada no histórico.

Neste trabalho é utilizada a linguagem de marcação XML para a representação do modelo do usuário. E, conforme pôde ser visto no capítulo 3 (Metadados na Descrição de Conteúdo), o uso de Esquemas XML é uma prática adotada pelos padrões de metadados flexíveis no domínio da TV Digital Interativa, de modo que a proposta deste trabalho segue esta abordagem aderindo ao uso de tais padrões. Foi desenvolvido um conjunto de Esquemas no trabalho, chamado de Esquemas CollaboraTVware que é apresentado no Apêndice A. O espaço de nomes que identifica tais Esquemas é o <http://www.larc.usp.br/~luizgpa/collaboraTVware/> com o prefixo `ctw`.

Um dos Esquemas existentes corresponde à representação do modelo do usuário (elemento raiz `UserModel`). Nesta representação são importados tipos (*types*) dos Esquemas definidos pelo MPEG-7, referentes à parte MDS da especificação (ISO/IEC 15938-5, 2003), e do modelo de metadados TV-Anytime (TV-ANYTIME, 2007b, 2007c), tornando assim a representação padronizada e estruturada.

A Tabela 5 apresenta o modelo do usuário destacando seus componentes, atributos, representação e forma de aquisição.

Tabela 5 – Modelo do Usuário

Componente	Atributos	Representação	Forma de Aquisição
Dados Pessoais	Identificação (ID do usuário), idade, língua, sexo, data de nascimento e ocupação.	Representação oferecida pelos metadados da segunda fase de trabalho do TV-Anytime (TV-ANYTIME, 2007c) que descrevem as características de usuário (seção 3.5). A identificação do usuário no subsistema do dispositivo do usuário e a ocupação são atributos não representados pelo TV-Anytime, portanto configura-se como uma extensão.	Informação direta e colaborativa
Preferências explícitas	Gêneros, país de origem, títulos favoritos, palavras-chave, formato de mídia, preferências de áudio, dentre outras. Estas preferências são acompanhadas pelos seus respectivos graus de preferência.	Semântica e representação oferecida pelo Esquema de Descrição de Preferências do Usuário do MPEG-7 (UserPreferences DS, seção 3.3.1)	Informação direta e colaborativa
Preferências implícitas	Pesos atribuídos a cada gênero i (w_i)	Representação criada para o trabalho.	Interação do usuário
Histórico de Uso Participativo	Momento da interação, tempo de consumo do programa, identificação do programa, avaliação atribuída pelo usuário.	Extensão do Esquema de Descrição de Histórico de Uso do MPEG-7 (UsageHistory DS, seção 3.3.2) para suportar o registro da avaliação do usuário.	Interação do usuário

Não faz parte do escopo da pesquisa realizar a modelagem estereotípica como forma de aquisição e construção do modelo do usuário, conforme justificado na seção 4.2.4. A única informação presente no modelo do usuário que se aproxima da idéia de estereótipo é a *ocupação* do usuário, atributo presente nos dados pessoais (vide Tabela 5).

Apesar de não fazer parte do modelo do usuário, as informações que descreverem o dispositivo do usuário também são modeladas no trabalho. Para isso, foi criado um Esquema (também no Apêndice A – elemento raiz *Device*) para representar esta modelagem que importa tipos dos metadados do MPEG-21, parte correspondente ao DIA (ISO/IEC 21000-7, 2004). Desta forma, o dispositivo é caracterizado segundo a sua identificação (ID que pode ter sido atribuído pelo fabricante, por exemplo), seu tipo (set-top box, PDA, celular, dentre outros), capacidade de energia, capacidade de armazenamento (se tem suporte a gravação e, caso tenha, o seu tamanho disponível), capacidade de áudio suportada (potência,

número de canais de saída), codificadores suportados, características do display (resolução e tamanho da tela) e informações de sistema (CPU, memória RAM).

8.6 Contexto da Interação do Usuário

Para atingir os objetivos deste trabalho é necessário modelar o contexto referente à interação do usuário. Dois trabalhos encontrados na literatura serviram como base para a modelagem e representação proposta nesta pesquisa. O trabalho de Santos Júnior (2002) auxiliou ao apresentar uma modelagem de ambientes interativos consciente de contexto sendo *centrada no usuário*, de modo que o suporte a ciência de contexto durante o processo de interação pode ser usado para adaptação dinâmica de uma aplicação ao contexto do usuário. Nesta pesquisa não é feita uma adaptação propriamente dita, porém o suporte a ciência de contexto é útil para orientar os usuários na escolha de programas e serviços interativos no cenário da TV Digital Interativa. Já o trabalho de Goularte (2003) foi útil por sua proposta de representação de contexto de forma estruturada. Tais trabalhos foram apresentados no capítulo de Trabalhos Relacionados.

Conforme apresentado na seção 5.1, Dey (2001) define contexto como sendo “qualquer informação que possa ser utilizada para caracterizar a situação de uma entidade e que uma entidade, por sua vez, pode ser uma pessoa, lugar ou objeto que é considerado relevante para a interação entre um usuário e uma aplicação, incluindo o usuário e aplicação em si”. Neste trabalho, existem três entidades identificadas: *usuário*, *dispositivo* e *programa*. Na Figura 37 é possível observar que um usuário usa um dispositivo e atribui ou solicita avaliação de um programa que é apresentado no dispositivo. O relacionamento entre estas entidades e as informações de contexto que as circundam são relevantes para a infra-estrutura proposta, sendo assim considerado o contexto da interação do usuário.

Figura 37 – Contexto da Interação do Usuário

As informações contextuais que caracterizam a situação das entidades no momento da atribuição ou solicitação da avaliação de um programa são ilustradas na Figura 38. Conforme pode ser visto, são utilizadas as dimensões contextuais identidade, localização e tempo.

Figura 38 – Modelagem do Contexto da Interação do Usuário

A Tabela 6 descreve os atributos que fazem parte do contexto da interação do usuário conforme as dimensões de contexto.

Tabela 6 – Descrição do Contexto da Interação do Usuário

Entidade	Dimensão Contextual	Atributos
Usuário	Identidade	<ul style="list-style-type: none"> ID do usuário: Identificação (ID) de quem é o usuário que está interagindo.
	Tempo	<ul style="list-style-type: none"> momento: Momento da interação ao atribuir ou solicitar avaliação do programa; duração: Duração de consumo do programa (T_p).
Dispositivo	Identidade	<ul style="list-style-type: none"> ID do dispositivo: Identificação (ID) do dispositivo utilizado no momento da interação.
	Localização	<ul style="list-style-type: none"> região: Representa a região geográfica onde o dispositivo do usuário está no momento da interação; estereotipada: Localização estereotipada em que ocorre a interação (vista a seguir).
Programa	Identidade	<ul style="list-style-type: none"> ID do programa: Identificação (CRID, segundo a terminologia do TV-Anytime – seção 2.3.1) do programa que o usuário está interagindo.

No contexto da interação do usuário é interessante modelar a localização, pois, assim como apresentado no capítulo 2 (TV Digital Interativa), os usuários podem estar de posse de plataformas de recepção de TV Digital Interativa móveis e portáteis. Neste trabalho, a localização é representada de duas formas, conforme visto na Tabela 6. A primeira delas está relacionada com a região geográfica dentro de um país, tais como “BR-SP” para Brasil - São Paulo, “IT-MI” para Itália – Milão e “US-CA” para EUA – Califórnia. A segunda forma corresponde à localização estereotipada que denota a descrição simbólica do local. Alguns exemplos são: *em casa, no trabalho, em um museu, na praia, na montanha, em um restaurante, no hotel*, dentre outros.

A atividade do usuário, que representa o que o usuário está fazendo, é considerada um contexto complexo, de forma que deve ser objeto de estudo de trabalhos futuros. De acordo com Wang et al. (2004), contextos complexos são formados a partir da composição e/ou inferência sobre contextos básicos (identidade dos usuários; localização geográfica ou virtual; tempo como dia, hora, estação do ano; dentre outros). Por exemplo, a partir de contextos básicos como sala onde um usuário está e a indicação de outras pessoas presentes na sala pode-se inferir que o usuário está *em reunião*. Desta forma é possível concluir que a inferência automática da atividade do usuário não é uma tarefa trivial.

Adicionalmente, as identificações das entidades (presentes nas dimensões identidade) são utilizadas como índice para acessar outras informações contextuais necessárias para o funcionamento do CollaboraTVware, como sugerido por (DEY; ABOWD, 2000) na seção 5.1. Por meio das identificações do usuário, dispositivo e programa são acessadas informações de outras fontes, são elas, respectivamente: do modelo do usuário, dos metadados que descrevem o dispositivo, ambos apresentados na seção anterior, e dos metadados relacionados ao programa. A obtenção dos metadados relacionados ao programa no qual o usuário está atribuindo ou solicitando avaliação é abordada na seção 8.8.

A representação do contexto da interação do usuário é estruturada através do elemento raiz `Context` conferido no conjunto de Esquemas XML do CollaboraTVware (Apêndice A).

8.7 Visão Geral da Arquitetura Sistêmica

Nesta seção será apresentado, inicialmente, o conceito de *perfil de uso participativo*, utilizado pelo CollaboraTVware. Em seguida serão apresentadas duas visões da arquitetura sistêmica: uma visão que aborda a lógica de funcionamento da infra-estrutura focando exclusivamente na tarefa de classificação e, uma visão que considera a existência do dispositivo do usuário e do provedor de serviços.

8.7.1 Conceito de Perfil de Uso Participativo

O emprego da tarefa de classificação (seção 6.2) na concepção da infra-estrutura é a abordagem utilizada neste trabalho. Para tanto, é necessário identificar quais informações devem ser consideradas no processo da tarefa de classificação que possam representar a similaridade de perfis e contextos entre os usuários, como por exemplo os atributos presentes nos cenários de uso vistos na seção 8.2 (Descrição de Cenários de Uso). Isto corresponde à chamada escolha de atributos que compõem o registro, presente na *seleção dos dados* abordada na seção 6.1.

Um perfil de uso participativo é definido, neste trabalho, como sendo o registro a ser utilizado na tarefa de classificação, onde o atributo-classe, ou seja, o atributo alvo com classes pré-definidas que deve dar origem ao modelo de conhecimento, corresponde à avaliação de um determinado programa. Esta avaliação pode ter sido atribuída pelo usuário ou ser descoberta para este usuário, dependendo do cenário em que esteja sendo utilizado o perfil de uso participativo (vide próxima seção). Ou seja, o perfil de uso participativo pode conter ou não o atributo-classe avaliação instanciado. Os demais atributos selecionados (vistos logo a seguir) para compor o *perfil de uso participativo*, juntamente com o atributo-classe, formam as chamadas informações agregadas descritas nos requisitos funcionais (seção 8.3.1) e nos casos de uso (seção 8.4).

A Tabela 7 apresenta os atributos que compõem o *perfil de uso participativo*, apontando, inclusive, a origem dos mesmos.

Há uma ressalva a ser feita em relação aos valores atribuídos a dois atributos, um referente à preferência explícita e outro à preferência implícita, segue a indagação:

No modelo do usuário podem existir diversos graus de preferência explícitos referentes aos gêneros de programação, bem como diversos pesos atualizados de forma implícita (w_i) também referentes aos gêneros de programação. Sendo assim, de qual gênero de programação considerar os valores para os atributos (i) grau de preferência explícito e (ii) peso para compor perfil de uso participativo?

Neste caso, irá depender do contexto da interação do usuário, de modo que serão considerados os valores de (i) e (ii) referentes ao gênero do programa que está sendo avaliado (ou que foi solicitada avaliação).

A seguir, há um exemplo que elucida a idéia.

Se a partir do contexto da interação do usuário identificou-se que o programa que está atribuindo (ou solicitando) a avaliação é do gênero “musical”, então seriam considerados os valores de (i) e (ii) do próprio gênero “musical”, presente no modelo do usuário, para compor o perfil de uso participativo. Logo, os valores de (i) e (ii) referentes aos demais gêneros (“artes”, “notícias”, “esporte”, “educação”, “religioso”, por exemplo) não seriam utilizados.

Tabela 7 – Atributos que compõem o *perfil de uso participativo*

Atributos	Origem
<ul style="list-style-type: none"> • Língua; • Idade; • Sexo; • Ocupação. 	Modelo do usuário – Dados pessoais
<ul style="list-style-type: none"> • Grau de preferência explícito referente ao gênero do programa avaliado (ou que foi solicitada avaliação); • Preferências em termos de: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Formato de vídeo (relação de aspecto); ◦ Quantidade de canais de áudio; 	Modelo do usuário – Preferências explícitas
<ul style="list-style-type: none"> • Peso do gênero do programa avaliado (ou que foi solicitada avaliação); 	Modelo do usuário – Preferências implícitas
<ul style="list-style-type: none"> • Região; • Localização estereotipada; • Momento da interação. 	Contexto da interação do usuário
<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de dispositivo; • Resolução do display (HxV); • Capacidade de armazenamento: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Suporte a gravação; ◦ Tamanho total suportado; • Capacidade de áudio: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Potência; ◦ Número de canais de saída. 	Metadados que descrevem o dispositivo
<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação (atributo-classe) 	Atribuída pelo usuário OU a ser descoberta para este usuário.

Pela Tabela 7, é possível observar que foram selecionados alguns atributos considerados relevantes para a tarefa de classificação, no entanto, nada impede que em trabalhos futuros estes atributos possam ser complementados ou até mesmo substituídos por outros que também denotem perfis e contextos similares entre os usuários.

É importante destacar também que, neste trabalho, sempre que são mencionados usuários com perfis similares significa usuários que apresentem similaridade nas informações provenientes do modelo do usuário e dos metadados que descrevem o dispositivo utilizado, segundo os atributos selecionados. Vale notar que, por questões de privacidade, não aparece a identificação do usuário (ID do usuário) no *perfil de uso participativo*, até mesmo porque esta informação não seria útil no processo de classificação.

A representação do *perfil de uso participativo* também é estruturada por meio de um Esquema XML (elemento raiz `ParticipativeUsageProfile` do Apêndice A).

A dinâmica de uso de *perfis de uso participativo* com o atributo-classe avaliação instanciado e não instanciado é evidenciada na próxima seção.

8.7.2 Visão Lógica

Esta visão busca ilustrar a lógica de funcionamento da infra-estrutura focando exclusivamente na tarefa de classificação com a utilização de *perfis de uso participativo*, e a geração e uso dos modelos de conhecimento.

Nesta visão é possível notar duas etapas. A primeira delas, vista na Figura 39, corresponde ao procedimento responsável por criar modelos de conhecimento conforme as avaliações atribuídas por diversos usuários. São utilizados os perfis de uso participativo com o atributo-classe avaliação instanciado (avaliação atribuída pelo usuário) referente a um dado programa, de modo que para cada programa é gerado um modelo de conhecimento. Esta etapa é conhecida como *etapa de classificação*, conforme visto na seção 6.2.

Figura 39 – Visão Lógica da Arquitetura de Sistema: Etapa de Classificação

A segunda etapa (Figura 40), conhecida como *etapa de predição* (seção 6.2), corresponde ao processo de dado um perfil de uso participativo com o atributo-classe avaliação não instanciado (indicações 1 e 1'), deseja-se descobrir a avaliação do programa para um determinado usuário (indicações 2 e 2'). Para que isso ocorra, é necessário utilizar o modelo de conhecimento do programa no qual se deseja saber a avaliação.

Figura 40 – Visão Lógica da Arquitetura de Sistema: Etapa de Predição

8.7.3 Visão de Implantação

Esta seção apresenta a arquitetura sistêmica proposta para a infra-estrutura CollaboraTVware considerando os subsistemas dispositivo do usuário e provedor de serviços, conforme pode ser visto na Figura 41.

Figura 41 – Visão Geral da Arquitetura Sistêmica do CollaboraTVware

Dada a arquitetura sistêmica apresentada, pode-se dizer que em termos de modelo de negócios é necessário adotar um que tenha além das funcionalidades tradicionais existentes em um modelo de difusão (entrega de conteúdo unidirecional), o suporte ao uso de um canal de retorno, mesmo que limitado. Tal modelo de negócio é classificado como *modelo de canal de retorno intermitente* pelo TV-Anytime, sendo que suas características já viabilizam o emprego do CollaboraTVware, conforme também explicado na seção 2.4 (Considerações adotadas no trabalho).

É importante notar que neste modelo híbrido de arquitetura, a *etapa de classificação*, conferida na visão lógica, está presente no provedor de serviços (representada pelo *serviço de classificação*). Logo, os *perfis de uso participativo* com avaliações atribuídas pelos usuários devem ser recebidos dos dispositivos. Adicionalmente, o requisito de escalabilidade da solução é atendido de modo que os

modelos de conhecimento criados no provedor de serviço são enviados a todos os dispositivos simultaneamente, via canal de difusão (Figura 41). Esta decisão arquitetural impacta em implantar a *etapa de predição*, também conferida na visão lógica, no próprio dispositivo do usuário (representada pelo *serviço de predição*), ou seja, estará distribuída.

A centralização ocasionada pela existência de um único provedor de serviços que armazena e compartilha os modelos de conhecimento pode ser solucionada através da existência de outros provedores de serviço replicados (espelhados e redundantes) preparados para funcionar em caso de falha do provedor original.

Há também algumas considerações a serem feitas. A primeira delas refere-se a identificar *como* os modelos de conhecimento são difundidos. A seção 2.1.1 (Difusão) possibilitou o entendimento de como é feita a difusão de dados (*datacasting*) em um sistema de TV Digital Interativa. Para o CollaboraTVware há o emprego do chamado *datacasting* fracamente acoplado, pois os dados transmitidos (modelos de conhecimento, neste caso) possuem alguma relação com o programa televisivo, porém não são completamente sincronizados. E, em relação aos mecanismos de *datacasting*, o uso do carrossel de objetos (DSM-CC) é o mais factível, visto que neste mecanismo há transmissão cíclica de arquivos que podem ser armazenados no dispositivo do usuário, além de ser considerado o padrão de *facto* para *datacasting* em TV Digital. Já adiantando o que será discutido na seção 8.9.2 (Funcionamento da Infra-estrutura), o CollaboraTVware serializa os modelos de conhecimento em arquivos.

Uma outra consideração a ser feita procura responder à seguinte questão:

Como o serviço de predição está presente no dispositivo do usuário, os modelos de conhecimento de um determinado programa devem ser enviados pelo provedor de serviços, conforme visto. Quando enviá-los?

A idéia é enviá-los aos usuários, via canal de difusão, momentos antes, talvez algumas horas ou minutos antes, e também durante a veiculação do programa, para que possam ser utilizados pelo serviço de predição quando solicitados. Desta forma, o escalonamento de modelos de conhecimento enviados torna-se viável, dado a grande quantidade de modelos existentes.

A próxima seção aborda o paradigma da orientação a serviços como solução a ser adotada no canal de retorno para comunicação que ocorre no sentido dispositivo do usuário – provedor de serviços. Além disso, maiores detalhes da

arquitetura interna do dispositivo do usuário e do provedor de serviços são apresentados nas seções 8.8 e 8.9.

8.7.3.1 Paradigma da orientação a serviços na comunicação Dispositivo do Usuário – Provedor de Serviços

Atualmente, o desenvolvimento de aplicações de software distribuídas está evoluindo gradualmente da *orientação a objetos* para o paradigma da *orientação a serviços* (PAPAZOGLU, 2003), a qual aparece como ferramenta essencial em áreas de pesquisa como computação pervasiva (ZHU; MUTKA; NI, 2005), por exemplo. Sendo assim, *computação orientada a serviços* é o paradigma de computação que utiliza os serviços, considerados recursos remotos, como elemento fundamental na construção de aplicações distribuídas. O objetivo é a disponibilização de software como um serviço (do inglês, *software-as-a-service* – SaaS).

Nesse contexto, um *serviço* nada mais é do que uma entidade de software que implementa um conjunto de funcionalidades. Sendo que cada uma dessas funcionalidades, juntamente com os tipos de seus parâmetros e retorno, constituem a *interface do serviço*. Um serviço é exposto e acessado por meio de suas interfaces (sua implementação fica oculta). Além disso, a visibilidade de um serviço é obtida através de sua *descrição*, a qual mantém informações sobre sua interface, nome, semânticas associadas ao serviço, dentre outras (FILHO, 2006; OASIS, 2006).

A utilização dos serviços envolve quatro operações básicas: *publicação*, *descoberta*, *seleção* e *ligação* (PAPAZOGLU; GEORGAKOPOULOS, 2003). E as entidades – *cliente* (ou *consumidor de serviço*), *provedor de serviços* e *registro de serviços* – responsáveis por desempenhar estas operações, constituem a chamada *arquitetura orientada a serviços*.

Figura 42 – Arquitetura Orientada a Serviços – adaptada e traduzida de (PAPAZOGLU, 2003)

Os provedores de serviços disponibilizam os serviços por meio da publicação da descrição dos mesmos no registro de serviços. Os clientes (aplicações ou outros serviços) correspondem aqueles que apresentam necessidades e desejam consumir os serviços, para isso realizam a operação de descoberta no registro de serviços. Neste processo de descoberta pode haver mais de um serviço implementado que atende as funcionalidades desejadas. Quando tal fato ocorre, o cliente deve executar a operação de seleção para escolher qual serviço será invocado. A última etapa corresponde à operação de ligação, onde os clientes acessam o serviço, através de sua interface, no provedor de serviços, para finalmente interagir e utilizar as funcionalidades disponibilizadas.

Pelo fato de ser uma arquitetura, não existe uma implementação padrão, ou seja, não está associada a nenhuma tecnologia em específico. No entanto, as tecnologias de Serviços Web (do inglês, *Web Services*) fizeram com que arquitetura orientada a serviços adquirisse uma maior importância e sucesso devido ao desenvolvimento de um conjunto de padrões que propiciam um modelo arquitetural distribuído interoperável.

Após apresentar as potencialidades originadas da adoção da arquitetura orientada a serviços conclui-se que as mesmas atendem um dos requisitos da infraestrutura proposta por este trabalho que corresponde à comunicação entre o dispositivo do usuário (cliente, na terminologia de arquitetura orientada a serviços) e o provedor de serviços (mesma terminologia seguida pela arquitetura orientada a serviços), via canal de retorno. Deste modo, o uso da arquitetura orientada a serviços como solução viabiliza o envio, ao provedor de serviços, de *perfis de uso participativo* com avaliações atribuídas pelos usuários presentes nos dispositivos

dos usuários. Em termos de tecnologia, a abordagem de Serviços Web é a adotada neste trabalho (maiores detalhes na seção 8.9).

8.8 Arquitetura Interna do CollaboraTVware

A arquitetura interna dos dois subsistemas – dispositivo do usuário e provedor de serviços – da infra-estrutura CollaboraTVware é detalhada nesta seção. A Figura 43 ilustra os subsistemas com seus respectivos módulos. Conforme pode ser visto, há seis módulos no dispositivo do usuário, além da disponibilização de uma API (*Application Programming Interface*) para que as aplicações tenham acesso às suas funcionalidades, e três módulos no provedor de serviços.

Figura 43 – Arquitetura do CollaboraTVware

Um dos requisitos não funcionais mencionados na seção 8.3.2 afirma que, em termos de cenário, o CollaboraTVware segue o modelo funcional de referência do TV-Anytime (TV-ANYTIME, 2007a). Diante disso, ao observar a Figura 43, o Difusor representa dois elementos funcionais da arquitetura do modelo funcional de

referência do TV-Anytime, vistos na seção 2.3.1. São eles: Criação de Conteúdo, responsável pela produção de metadados de programas representados de acordo com o padrão TV-Anytime; e Fornecimento de Conteúdo, encarregado de transmitir, via canal de difusão, estes metadados para os usuários. Na arquitetura do CollaboraTVware, o dispositivo do usuário deve suportar a recepção e o armazenamento destes metadados de programas para serem utilizados pela infraestrutura.

O módulo Aquisição de Informações do Usuário é responsável por construir e atualizar o modelo do usuário por meio da abordagem de informação direta e colaborativa (seção 4.2.2), ou seja, através das informações fornecidas diretamente pelo usuário. Compreende os dados pessoais (idioma, sexo, ocupação, dentre outras) e as preferências explícitas (grau de preferência de determinado gênero, quantidade de canais de áudio). Vale mencionar que no subsistema do dispositivo do usuário pode haver informações sobre mais de um usuário, ou seja, diversos usuários podem utilizar o mesmo dispositivo (vários modelos de usuário), de modo que a diferenciação é feita através do atributo identificação do modelo do usuário (vide seção 8.5).

O Gerenciador de Representação e Armazenamento é um módulo auxiliar na arquitetura que tem a função de interpretação, manipulação, armazenamento e validação de documentos XML, sendo este o formato de representação utilizado no CollaboraTVware, conforme visto em seções anteriores deste capítulo. Pode-se dizer que este módulo desempenha as funções do elemento funcional Gerenciamento de Armazenamento Local do modelo funcional de referência do TV-Anytime no que se refere à manipulação de metadados persistidos no dispositivo.

Antes de dar continuidade à explicação dos módulos em si, são apresentados na Figura 44 dois diagramas de atividades que ilustram os cenários de (i) monitoração da interação do usuário atribuindo ou não avaliação ao programa; e (ii) solicitação de consulta da avaliação do programa. Tais cenários servem como base para explicação de alguns módulos da arquitetura. Maiores detalhes sobre estes cenários serão vistos na seção 8.9.2 (Funcionamento da Infra-estrutura).

Figura 44 – Diagramas de Atividades

Diante dos diagramas apresentados, o módulo Monitor de Interação é responsável pelas seguintes funcionalidades:

- Monitoração de quais programas e/ou serviços interativos foram observados (consumidos) por meio da notificação, via API, realizada pela aplicação (um EPG, por exemplo) que utiliza o subsistema do dispositivo do usuário e a duração desta observação (T_p). Tais informações são úteis para atualizar as preferências implícitas de um determinado usuário identificado, ou seja, a atualização de w_i do modelo do usuário (seção 8.5). A duração total do programa (T_t), que também é necessária para a atualização de w_i , é obtida dos metadados do programa representados pelo TV-Anytime que foram enviados pelo Difusor;

- Registro da avaliação atribuída pelo usuário ao programa consumido, quando este a fizer, na forma de histórico de uso participativo;
- Captura e representação de forma apropriada das informações contextuais relacionadas ao contexto da interação do usuário. Conforme visto na seção 8.6, o contexto da interação do usuário está relacionado ao momento da atribuição ou solicitação da avaliação de um programa, isto significa que esta funcionalidade é útil em ambos os cenários apresentados.

Como visto na Figura 44, a captura da identificação do programa, ou seja, o seu CRID (seção 2.3.1), é obtida da própria aplicação que usa a infra-estrutura em ambos os cenários. A duração da observação do programa (T_p) é uma informação percebida a partir da monitoração realizada pelo Monitor de Interação (primeira funcionalidade apresentada). O momento atual, outra informação contextual, também é uma informação percebida, pois basta realizar uma chamada de sistema para obtê-lo.

O CollaboraTVware também necessita capturar a identificação do usuário (ID do usuário) que utiliza o dispositivo no momento da interação. A aquisição desta informação pode ser realizada por meio da consulta a variável de ambiente mantida no dispositivo do usuário que aponte o usuário corrente, ou então através de uma API disponibilizada pelo *middleware*, embarcado no dispositivo, que ofereça esta informação. Por enquanto, o CollaboraTVware captura a identificação do usuário a partir de um arquivo de configuração.

Um outro arquivo de configuração simula a resposta de um serviço disponível no dispositivo do usuário capaz de inferir as informações contextuais referentes à localização do dispositivo. Vale enfatizar que não faz parte do escopo deste trabalho propor ou implementar tecnologias para aquisição e interpretação deste tipo de informação contextual, até mesmo porque existe uma tendência de produção de dispositivos móveis já equipados com sensores GPS⁸, oferecendo, assim, a leitura da localização geográfica do dispositivo. E, por fim, o CollaboraTVware considera que o valor da identificação do dispositivo (ID do dispositivo) é uma informação conhecida e disponível no dispositivo (código atribuído pelo fabricante, por exemplo).

⁸ *Global Positioning System*, sistema de navegação por satélite que permite obter as coordenadas geográficas de qualquer ponto do globo terrestre.

Além da captura de informações contextuais há a representação das mesmas. Assim como apresentado na seção 8.6, a representação do contexto da interação do usuário consiste em instanciar um documento XML contendo as informações contextuais estruturadas conforme o elemento raiz `Context` presente no conjunto de Esquemas XML do CollaboraTVware (Apêndice A).

Após capturar e representar o contexto da interação do usuário, o módulo Monitor de Interação envia o documento XML instanciado ao módulo Agregador. Este módulo desempenha um papel importante na infra-estrutura, pois é responsável por criar o *perfil de uso participativo* que, como visto na seção 8.7.1, consiste no registro a ser utilizado pela tarefa de classificação, de modo que o atributo-classe corresponde à avaliação do programa que pode ter sido atribuída pelo usuário (cenário (i) da Figura 44 – *perfil de uso participativo* com avaliação instanciada) ou ser descoberta (cenário (ii) da Figura 44 – *perfil de uso participativo* com avaliação não instanciada).

O *perfil de uso participativo* é criado por meio da agregação das informações do contexto da interação do usuário, do modelo do usuário e dos metadados que descrevem o dispositivo. Como pode haver vários modelos de usuário persistidos no dispositivo, o módulo Agregador seleciona o correto a partir do ID do usuário que é obtido no *parsing* do documento XML recebido do módulo Monitor de Interação. Já com a identificação do programa (CRID) é possível descobrir o gênero do programa por meio da consulta dos metadados de programas recebidos do Difusor. Este gênero do programa indica qual deve ser o gênero de preferência do usuário (explícito e implícito) do modelo do usuário que deve compor o *perfil de uso participativo* (vide seção 8.7.1). Em relação aos metadados que descrevem o dispositivo contendo informações que o caracterizam (instância do elemento raiz `Device` do Esquema CollaboraTVware, Apêndice A), o CollaboraTVware considera que eles estejam armazenados no próprio dispositivo do usuário para serem consultados. No entanto, caso a presença destes metadados esteja em uma base de dados remota (em um provedor de serviços, por exemplo), o ID do dispositivo servirá como índice na sua identificação. A representação do *perfil de uso participativo* criado, como visto na seção 8.7.1, também é estruturada por meio de um Esquema XML (elemento raiz `ParticipativeUsageProfile` do Apêndice A).

Após um certo período de tempo que pode ser agendado (no final de cada dia, por exemplo), o módulo Comunicação com Provedor de Serviços utiliza o canal

de retorno do dispositivo para o envio de todos *perfis de uso participativo* com avaliação instanciada registrados. Esta comunicação é realizada por meio da abordagem de orientação a serviços, sendo este módulo um cliente de Serviços Web, conforme apresentado na arquitetura sistêmica (seção 8.7.3).

No provedor de serviços, o módulo Serviço de Obtenção de Perfis de Uso Participativo é composto por um serviço⁹ encarregado de obter os *perfis de uso participativo* de diversos usuários e persisti-los em uma base de dados, ficando disponíveis para serem utilizados pelo módulo Serviço de Classificação. Os *perfis de uso participativo* são agrupados separadamente para cada programa avaliado.

O módulo Serviço de Classificação representa o serviço de classificação propriamente dito, visto na seção 8.7.3. Este módulo constrói os modelos de conhecimento segundo os *perfis de uso participativo* dos programas avaliados de forma colaborativa. Um modelo de conhecimento, conforme visto na seção 6.2, pode ser traduzido como o resultado obtido do aprendizado supervisionado de uma função, sendo que este aprendizado dá-se através da aplicação da *etapa de classificação* de um método escolhido para a tarefa de classificação. Os métodos suportados pelo CollaboraTVware são vistos na próxima seção. Adicionalmente, este módulo tem a responsabilidade de avaliar o desempenho dos modelos de conhecimento gerados, oferecendo ao administrador do provedor de serviços a possibilidade de analisar algumas métricas (precisão, abrangência e medida F) obtidas da validação cruzada, conforme vistas na seção 6.2.3.

Uma vez gerados e avaliado o desempenho, os modelos de conhecimento ficam disponíveis para serem transmitidos aos usuários. O Serviço de Difusão de Modelos de Conhecimento é o módulo destinado à, como o próprio nome sugere, difundir, via canal de difusão, os modelos de conhecimento através do mecanismo de carrossel de objetos. A seção 8.7.3 abordou questões acerca da difusão dos modelos de conhecimento.

E, por fim, há o módulo Serviço de Predição presente no dispositivo do usuário, como visto na seção 8.7.3. Este módulo é utilizado no cenário representado pelo diagrama de atividades (ii) da Figura 44 em que um usuário deseja prever (conhecer) a avaliação de um programa atribuída de forma colaborativa por usuários com perfis e contextos similares. Para isso, no momento da solicitação da avaliação

⁹ A palavra *serviço* no contexto desta frase assume a terminologia empregada no paradigma da orientação a serviços (seção 8.7.3.1)

o CollaboraTVware captura o contexto da interação do usuário e o representa de forma apropriada, via módulo Monitor de Interação; repassa para o módulo Agregador que cria o *perfil de uso participativo* com avaliação não instanciada; daí então, de posse do modelo de conhecimento do programa em questão, proveniente do provedor de serviço, o Serviço de Predição retorna a avaliação prevista para este usuário aplicando a *etapa de predição* do método utilizado na tarefa de classificação. Vale ressaltar que todo este processo fica transparente ao usuário.

8.9 Projeto e Implementação do Protótipo

O projeto e implementação do protótipo do CollaboraTVware descritos nesta seção consistem em detalhar as classes desenvolvidas através de diagramas de classes do dispositivo do usuário e do provedor de serviços, bem como se dá a interação entre elas, isto é, o funcionamento da infra-estrutura por meio de diagramas de sequência. Após discorrer sobre as classes implementadas, é apresentada uma seção contendo as tecnologias e ferramentas empregadas no desenvolvimento do protótipo.

8.9.1 Pacotes e Classes

As classes foram separadas em pacotes que refletem os módulos abordados na arquitetura da infra-estrutura (seção 8.8).

Subsistema do Dispositivo do Usuário

As principais classes do subsistema do dispositivo do usuário são apresentadas na Figura 45.

Figura 45 – Diagrama de Classes do CollaboraTVware – Dispositivo do Usuário

O módulo Aquisição de Informações do Usuário é representado pelo pacote `acquisition` e contém apenas uma classe: `UserInfo`. Esta classe é responsável por manipular as informações explícitas do modelo do usuário através de métodos “getters” e “setters”. A Figura 46 apresenta, através de um exemplo, um pequeno trecho da representação destas informações. O prefixo `ctw` corresponde ao espaço de nomes do CollaboraTVware, os demais são importados dos padrões utilizados.

Figura 46 – Exemplo de representação do Modelo do Usuário

O pacote `metadata`, referente ao módulo Gerenciador de Representação e Armazenamento, contém quatro classes principais, sendo elas: `HandleXML`, `SchemaValidator`, `AcquisitionProgramInfo` e `Duration`. Quaisquer classes que necessitem realizar operações comuns em arquivos XMLs, tais como interpretar, obter ou modificar elementos e atributos, devem utilizar a classe `HandleXML`. A classe `SchemaValidator` realiza a validação de documentos XMLs (seção 3.2). Esta classe é importante porque ratifica que os *perfis de uso participativo* (documentos XMLs) enviados ao provedor de serviços são válidos. A classe `AcquisitionProgramInfo` fornece as informações básicas de um programa obtidas dos metadados relacionados a este programa (representados de acordo com o padrão TV-Anytime) e que são necessárias ao CollaboraTVware. A classe

`Duration` é uma classe abstrata que converte o tempo de milisegundos para o formato de representação de tempo definida pela especificação XML *Schema* de *Datatypes* do W3C¹⁰ (`getFormatToPersist()`) e vice-versa (`getTimeInMilliseconds()`). Outra função desta classe é calcular a razão entre dois tempos por meio do método `getFractionObservationTime()`, sendo útil para obter β , seção 8.5.

No pacote `interaction`, que representa o módulo Monitor de Interação, existem três classes, a saber: `GenreWeight`, `Monitor` e `ParticipativeUsageHistory`.

A classe `GenreWeight` é responsável pela atualização das preferências implícitas. Já a classe `Monitor` tem um papel chave no funcionamento do *CollaboraTVware*. Uma das responsabilidades desta classe é monitorar os programas observados pelo usuário. Neste trabalho, conforme visto na arquitetura, a monitoração consiste em verificar a duração desta observação (T_p) e eventualmente obter a avaliação atribuída pelo usuário registrando no histórico de uso participativo. A estrutura fornecida pela classe `ParticipativeUsageHistory` auxilia a classe `Monitor` no controle da totalização do tempo de observação e da avaliação atribuída pelo usuário. A persistência do histórico de uso participativo também é outra função desta classe.

Voltando a classe `Monitor`, apesar de não aparecer no diagrama de classes, os métodos de monitoração da interação (`startObservation()`, `pauseObservation()`, `stopObservation()` e `setRating()`) têm como argumento a identificação do programa (CRID) que é fornecida pela aplicação que utiliza a infra-estrutura. É importante destacar que os eventos relacionados à interação direta com o usuário são de responsabilidade da própria aplicação, sendo que o *CollaboraTVware* é notificado quando tais eventos ocorrerem, via API.

Atualmente, os métodos `discoverCurrentUserID()`, `discoverDeviceID()` e `discoverCurrentLocation()` obtêm de arquivos de configuração, conforme justificado na seção anterior, as informações do contexto da interação do usuário relativas a identificação do usuário, identificação do dispositivo e localização do dispositivo, respectivamente.

¹⁰ <http://www.w3.org/TR/xmlschema-2/#duration-order>

De posse das informações referentes ao contexto da interação do usuário capturadas, a representação das mesmas dá-se por meio do método `representInteractionContext()` que é responsável por criar um documento XML estruturado conforme o elemento raiz `Context` (seção 8.6). Um trecho de um exemplo de documento XML com os descritores instanciados é apresentado na Figura 47.

Figura 47 – Exemplo de representação do contexto da interação do usuário

Maiores detalhes da atuação das classes do pacote `interaction` serão vistos nos diagramas de sequência da próxima seção.

O pacote `aggregator` é formado pela classe abstrata de mesmo nome. Com esta classe é possível criar o *perfil de uso participativo* contendo ou não a informação de avaliação instanciada, conforme visto na seção anterior. Para isso, o método `buildParticipativeUsageProfile(contextXML, rating)` recebe como argumento um documento XML contendo a representação do contexto da interação do usuário e a avaliação atribuída pelo usuário. Caso não haja a avaliação, é utilizado o método `buildParticipativeUsageProfile(contextXML)`.

A classe `ClientWS` do pacote `communication` é responsável por enviar todos os *perfis de uso participativo* com avaliação instanciada ao provedor de serviços através do método `sendToServiceProvider()`.

O pacote `prediction` é composto por um conjunto de classes que juntas formam o módulo Serviço de Predição. Pelo diagrama da Figura 45 é possível observar que a infra-estrutura suporta a utilização de três métodos de classificação, conforme visto na seção 6.2.2.7: algoritmo C4.5 da técnica árvore de decisão – classe `PredictionDecisionTree`; *perceptron* multicamadas com algoritmo *back-propagation* da técnica redes neurais – classe `PredictionMultilayerPerceptron`; e classificador bayesiano ingênuo da técnica aprendizagem bayesiana – classe `PredictionNaiveBayes`. O método K-NN da técnica raciocínio baseado em casos, bastante comum em tarefas de classificação, foi descartado por não gerar um modelo de conhecimento. Com este método, para cada novo registro é necessário considerar todos os outros registros existentes na base de dados. Tal fato inviabiliza a sua adoção na arquitetura proposta neste trabalho. A predição da avaliação de um programa é obtida pelo método `classifyInstance(classifier,pup_XML)`, onde `classifier` é o modelo de conhecimento deste programa, recebido do provedor de serviços, e `pup_XML` é o *perfil de uso participativo* com avaliação não instanciada, que foi criado previamente.

Finalizando o diagrama da Figura 45, o CollaboraTVware disponibiliza uma API (classe `FacadeCollaboraTVware`) para que as aplicações tenham acesso as suas funcionalidades. Esta API é construída como uma fachada (padrão de projeto *facade* de Gamma et al., 1995) de modo que todo e qualquer acesso à implementação deve ocorrer por meio desta API.

Subsistema do Provedor de Serviços

As principais classes do subsistema do provedor de serviços são apresentadas na Figura 48.

Figura 48 – Diagrama de Classes do CollaboraTVware – Provedor de Serviços

O pacote `gathering` refere-se ao módulo Serviço de Obtenção de Perfis de Uso Participativo. A classe `GatheringWebService` representa a interface de serviço de Serviços Web, disponível aos usuários, para obtenção de *perfis de uso participativo*, enquanto que a implementação da interface `HandleParticipativeUsageProfileIF`, que corresponde à classe `HandleParticipativeUsageProfileImpl`, interpreta os documentos XML contendo os *perfis de uso participativo* recebidos. E, finalizando, a classe `DumpParticipativeUsageProfile` tem a função de adicionar os *perfis de uso participativo* à base de dados.

De forma análoga ao pacote `prediction` do subsistema do dispositivo do usuário, o subsistema do provedor de serviços possui o pacote `classification` que contempla um conjunto de classes que formam o módulo Serviço de Classificação. Os três métodos de classificação são os mesmos existentes no pacote `prediction`, porém são destinados à criação dos modelos de conhecimento. As classes que representam estes métodos de classificação são `ClassificationDecisionTree`, `ClassificationNaiveBayes` e `ClassificationMultilayerPerceptron`. O método `buildClassifier()` destas classes é responsável por construir o modelo de conhecimento de determinado programa a partir de diversos *perfis de uso participativo* com avaliação instanciada coletados. Após a geração dos modelos, é possível serializá-los em arquivos, via método `createKMFile()` de maneira que estejam prontos para serem enviados via canal de difusão. Ainda no pacote `classification` há uma classe que faz a avaliação de desempenho dos modelos de conhecimento gerados: `EvaluationMethod`.

Por questões de limitação de escopo, o módulo Serviço de Difusão de Modelos de Conhecimento, apesar de estar representado na arquitetura proposta, não é implementado neste trabalho por não haver uma plataforma de TV Digital disponível para transmissão de dados via canal de difusão. Logo, a recepção de arquivos no dispositivo do usuário contendo os modelos de conhecimento construídos pelo Serviço de Classificação é simulada. No entanto, a seção 8.7.3 (Visão de Implantação) retratou qual é a política sugerida para transmissão dos modelos de conhecimento.

8.9.2 Funcionamento da Infra-estrutura

Esta seção trata do funcionamento do CollaboraTVware. Para melhor compreensão das operações correspondentes às classes da seção anterior é necessária a elaboração de diagramas de interação, sendo que no caso deste trabalho optou-se pelos diagramas de seqüência acompanhados pela descrição da dinâmica de funcionamento. Os cenários, apresentados a seguir, que envolvem os

diagramas de seqüência estão relacionados com os principais casos de uso vistos na seção 8.4.

No subsistema do dispositivo do usuário é importante lembrar que o acesso a sua implementação é feita exclusivamente através da API do CollaboraTVware, no caso, pela classe `FacadeCollaboraTVware`. Tal fato é evidenciado nos diagramas de seqüência.

(1) Registro de Monitoração e Avaliação atribuída pelo Usuário

No momento que o usuário inicia a observação de um programa a aplicação (o EPG, por exemplo) notifica o CollaboraTVware por meio do método `startObservation(CRID)`, de forma que o argumento `CRID` indica a identificação do programa. A classe `ParticipativeUsageHistory` já começa a auxiliar na contabilização do tempo de observação deste programa. Após observar por um determinado período, este usuário decide avaliar o programa. Esta avaliação é informada pelo método `setRating(CRID, rating)`. Em seguida, o usuário continua observando o programa até a sua finalização, notificada pelo método `stopObservation(CRID)`. O método `calcTotalTime(currentTime)` retorna a duração total de observação do programa – `viewDuration`.

A partir deste momento outros módulos, além do módulo Monitor de Interação, são acionados. Por meio do método `getTotalDuration(CRID)` da classe `AcquisitionProgramInfo` é obtida a duração total do programa – `programDuration` – que é passada como argumento, além de `viewDuration`, para o método `getFractionObservationTime(viewDuration, programDuration)`. Este método retorna a razão entre os dois tempos que corresponde ao β das equações de preferências implícitas (seção 8.5) – `observationTime`.

Figura 49 – Cenário de Registro de Monitoração e Avaliação atribuída pelo Usuário

Em seguida, é descoberto o usuário que está interagindo no momento da interação por meio do método `discoverCurrentUserID()` – `userID`. Desta forma já é possível atualizar as preferências implícitas deste usuário pelo método `updateWeight()` da classe `GenreWeight` e registrar o histórico de uso participativo, via método `persist()`. A Figura 50 apresenta, através de um exemplo, um trecho da representação destas informações.

```
<ctw:ImplicitUserPreferences>
```

```
...
```

```
<ctw:GenreWeight genreName="Education"
  learningRate="0.5">0.80</ctw:GenreWeight>
<ctw:GenreWeight genreName="Musical"
  learningRate="0.5">0.85</ctw:GenreWeight>
<ctw:GenreWeight genreName="Cultural news"
  learningRate="0.5">0.70</ctw:GenreWeight>
<ctw:GenreWeight genreName="Sports news"
  learningRate="0.5">0.80</ctw:GenreWeight>
<ctw:GenreWeight genreName="Personal health"
  learningRate="0.5">0.70</ctw:GenreWeight>
```

```
...
```

Pesos dos gêneros (w_i)
obtidos de forma implícita,
com as respectivas taxas
de aprendizagem (α)

Figura 50 – Exemplo de representação das preferências implícitas e histórico de uso participativo

A próxima etapa consiste em capturar as demais informações contextuais relacionadas ao contexto da interação do usuário, lembrando que neste cenário o CRID do programa e a identificação do usuário já foram obtidos, e representá-las no formato XML. O método encarregado desta operação é o `representInteractionContext()`, retornando `contextXML`. Dando continuidade ao cenário, há a execução do método `buildParticipativeUsageProfile(contextXML, rating)` da classe `Aggregator` para criar o *perfil de uso participativo* com avaliação instanciada (argumento `rating`). Ao final desse processo ocorre a validação deste *perfil de uso participativo*, segundo o elemento raiz `ParticipativeUsageProfile` presente nos Esquemas CollaboraTVware (Apêndice A).

(2) Envio e Recebimento de Perfis de Uso Participativo: Dispositivo do Usuário -> Provedor de Serviços

O diagrama de seqüência deste cenário ilustra o emprego de Serviços Web na comunicação entre o dispositivo do usuário e o provedor de serviços, via canal de retorno. A descrição do cenário é simples, pois basta à aplicação solicitar o envio dos *perfis de uso participativo* com avaliação instanciada para o provedor de serviços através da execução do método `sendToServiceProvider()`. Uma das

formas de realizar esta operação corresponde ao agendamento, por parte da aplicação, do momento adequado para esta ação (a cada dia, por exemplo). Quando ativada esta operação, é inicializado o serviço remoto através da classe `GatheringWebService` e, em seguida, todos os *perfis de uso participativo* presentes no dispositivo do usuário são enviados, sendo que no diagrama corresponde ao método `receiveParticipativeUsageProfile(pup_XML)`, onde `pup_XML` denota um *perfil de uso participativo* referente a um dado programa avaliado no formato XML.

Figura 51 – Cenário de Envio e Recebimento de Perfis de Uso Participativo

No lado do provedor de serviços, a cada *perfil de uso participativo* recebido é adicionado um novo registro à base de dados, via método `addInstance()` da classe `DumpParticipativeUsageProfile`.

(3) Criação de Modelo de Conhecimento

O processo de geração do modelo de conhecimento de um dado programa, realizada no provedor de serviços, inicia-se com a escolha do método de classificação a ser empregado, dado que atualmente existem três: algoritmo C4.5 (árvore de decisão); *perceptron* multicamadas (redes neurais); e classificador bayesiano ingênuo (aprendizagem bayesiana). O método para esta operação corresponde ao `createCollabClassificationService(method)` da classe

ClassificationServiceFactory. O próximo passo consiste em informar qual é o programa em que se deseja obter o modelo de conhecimento, através do método `getTrainingInstances(CRID)`, para serem carregados em memória todos os *perfis de uso participativo* referentes a este programa, obtidos de diversos usuários. Estes *perfis de uso participativo* formam o conjunto de treinamento. Em seguida o modelo de conhecimento é, enfim, gerado pela execução do método `buildClassifier(trainingInstances)` e serializado em um arquivo por meio do método `createKMFile(programID, classifier)`.

Figura 52 – Cenário de Criação do Modelo de Conhecimento

(4) Verificação de Desempenho dos Modelos de Conhecimento

As medidas das métricas de desempenho precisão, abrangência e medida F são obtidas neste cenário. Após ser criado o modelo de conhecimento a partir de um determinado método de classificação (visto no cenário anterior), é utilizada a classe `EvaluationMethod`. O número de conjuntos (*folds*, seção 6.2.3) da validação cruzada é configurado para a partição dos dados por meio do método `setNumFolds(numFolds)`. Em seguida, é realizada a validação cruzada propriamente dita executando o método `crossValidationModel(classifier)`, onde `classifier` corresponde ao modelo de conhecimento, para, enfim, o administrador obter o resultado das medidas de interesse, via método `toClassDetailsString()`.

Figura 53 – Cenário de Análise de Desempenho dos Modelos de Conhecimento

(5) Consulta da Avaliação de Programa

A consulta da avaliação de um determinado programa segundo as avaliações atribuídas por meio da colaboração de usuários com perfis e contextos similares é apresentada no diagrama de seqüência deste cenário. Ao solicitar a avaliação do programa através do método `getRating(CRID)`, o `CollaboraTVware` primeiramente captura as informações contextuais relacionadas ao contexto da interação do usuário, lembrando que o `CRID` do programa acabou de ser fornecido pela aplicação, e as representa no formato XML. Assim como ocorre no cenário (1) “Registro de Monitoração e Avaliação atribuída pelo Usuário”, o método encarregado desta operação é o `representInteractionContext()` da classe `Monitor`, retornando `contextXML`.

A execução do método `buildParticipativeUsageProfile(contextXML)` da classe `Aggregator` vem logo a seguir com a finalidade de criar o *perfil de uso participativo* com avaliação não instanciada, retornando `pup_XML`. Notar que não há o argumento `rating` na chamada do método.

O passo seguinte consiste em informar o método de classificação a ser utilizado através da execução do método `selectPredictionMethod(method)`. Neste caso, o método de classificação empregado deve ser o mesmo que originou o modelo de conhecimento (cenário (3) “Criação de Modelo de Conhecimento”) enviado pelo provedor de serviços.

Em seguida, o método `getKMfromFile()` desserializa o modelo de conhecimento a partir do arquivo recebido, retornando `classifier`. Finalizando, a predição da avaliação é obtida executando o método `classifyInstance(classifier, pup_XML)`.

Figura 54 – Cenário de Consulta da Avaliação de Programa

8.9.3 Tecnologias e Ferramentas adotadas

Apesar do CollaboraTVware ser independente de *middleware*, conforme declarado nos requisitos não funcionais (seção 8.3.2), a sua implementação foi feita em Java, necessitando, assim, de uma máquina virtual Java para sua execução, sendo desta forma condizente com os *middleware* dos sistemas de TV Digital existentes.

Também já foi dito que o emprego de orientação a serviços adota a tecnologia de Serviços Web, para tanto, vale ressaltar que o CollaboraTVware utilizou a seguinte implementação: Apache Axis¹¹ (versão 1.4) (APACHE, 2006).

Neste trabalho, a interpretação e validação de documentos XMLs é realizada por um interpretador (*parser*) que utiliza a interface DOM (*Document Object Model*). Esta interface é baseada na construção de estruturas em árvores na memória contendo os dados do documento, possibilitando, desta forma, a sua manipulação (navegação pela árvore e recuperação de dados dos nós). No entanto, é interessante que sejam utilizadas outras abordagens em novas implementações, visto que o DOM tem a característica de consumir muita memória e processamento, sendo um problema para dispositivos com limitações.

Para os serviços que envolvem a tarefa de classificação foram utilizadas as APIs da ferramenta Weka (WAIKATO, 2008), desenvolvida na Universidade de Waikato na Nova Zelândia, que contempla uma série de métodos de aprendizagem de máquina implementados, além de oferecer a validação dos resultados. Esta ferramenta utiliza um arquivo no formato ARFF¹² (*Attribute-Relation File Format*) que é composto por um conjunto de registros utilizados na tarefa de classificação para construção de modelos de conhecimento. No caso do CollaboraTVware, estes registros correspondem aos *perfis de uso participativo* com avaliação instanciada presentes no provedor de serviços. O apêndice B apresenta o cabeçalho do arquivo ARFF desenvolvido nesta dissertação conforme o *perfil de uso participativo* modelado.

8.10 Considerações Finais

Algumas considerações em termos de delimitação de escopo e limitações da solução proposta nesta dissertação devem ser ressaltadas.

A primeira delas, já mencionada no capítulo de TV Digital Interativa (seção 2.4), refere-se às características da TV Digital Interativa que devem ser atendidas: (i) existência de canal de retorno (permanente ou não); (ii) suporte a pilha de protocolos

¹¹ Também foi utilizado o servidor Apache Tomcat 6.0.16 em conjunto com o Axis.

¹² Arquivo texto ASCII com a sintaxe utilizada pela ferramenta Weka.

TCP/IP no dispositivo do usuário; e (iii) suporte a persistência no dispositivo do usuário. Também vale destacar que não faz parte do escopo deste trabalho especificar e implementar mecanismos de aquisição automática de localização do dispositivo, conforme apresentado na seção 8.8.

A política sugerida para transmissão dos modelos de conhecimento foi detalhada na seção 8.7.3. Contudo há uma ressalva a ser reafirmada. O módulo Serviço de Difusão de Modelos de Conhecimento no provedor de serviços, apesar de estar representado na arquitetura proposta, não é implementado no protótipo por não haver acesso, por parte do autor, a uma plataforma de TV Digital para transmissão de dados via canal de difusão no decorrer do desenvolvimento deste trabalho.

9 Estudo de Caso

Este capítulo apresenta alguns experimentos realizados com o protótipo do CollaboraTVware com o objetivo de validar as suas funcionalidades em um cenário de uso.

O estudo de caso consiste na concepção de um EPG Colaborativo que utiliza o protótipo da infra-estrutura (subsistema do dispositivo do usuário, vide Figura 55) para enriquecer suas funcionalidades de modo a, por exemplo, tornar a navegação do usuário mais eficaz em termos de escolha de programas e serviços interativos mais adequados. Adicionalmente, será apresentado o administrador agindo no subsistema do provedor de serviços na criação de modelos de conhecimento e conferindo as métricas de avaliação de desempenho destes modelos.

Figura 55 – Estudo de Caso: EPG Colaborativo

É importante destacar que poderia ser utilizada uma outra aplicação no estudo de caso que desempenhasse o papel de ator nos casos de uso vistos na seção 8.4, ou seja, uma aplicação que, essencialmente, viesse a: (i) fornecer ao CollaboraTVware, através da interação do usuário, as informações monitoradas; (ii) oferecer um meio de obter, dos usuários, as opiniões referentes às avaliações dos programas consumidos; e (iii) solicitar ao CollaboraTVware a predição da avaliação de um determinado programa. Em termos de modelo funcional de referência do TV-Anytime, esta aplicação deve prover a funcionalidade do elemento funcional Interação com o Usuário (vide Tabela 1 da seção 2.3.1 – Arquitetura do TV-Anytime), pois é através dela que o usuário interage com a programação. Aliado a

isso, a aplicação deve ser capaz de informar a identificação do programa que o usuário seleciona, ou seja, o seu CRID, tendo como base os metadados difundidos referentes aos programas – tal funcionalidade é encontrada no elemento funcional Busca e Navegação, também presente no modelo funcional de referência do TV-Anytime.

No entanto, de todas as aplicações, o EPG parece ser a mais adequada, até mesmo porque é encontrado em quase totalidade dos terminais de acesso (dispositivos do usuário), sendo essa uma das funcionalidades esperada nas transmissões terrestres de TV Digital (ABNT NBR 15603-1, 2007).

Os EPGs tradicionais limitam-se a apresentar uma relação com a programação dos diversos canais disponíveis, com datas e horários de início e término de cada programa. Alguns recursos adicionais como, por exemplo, a memorização de canais de preferência, notificação quando um determinado programa iniciou e outros aspectos básicos de personalização também podem ser encontrados.

Há um trabalho recente encontrado na literatura que propõe um EPG, apelidado de *EPG-Board*, composto por um sistema de avaliação (*rating system*) (IATRINO; MODEO, 2007). Entretanto, a colaboração entre os usuários, oferecida pelo *EPG-Board*, limita-se a contabilizar as avaliações positivas e negativas feitas por amigos para sugerir ou não o programa em questão, ou seja, não considera perfis e contextos similares, apenas a comunidade de amigos, e nem aplica nenhuma outra técnica de inferência mais elaborada, como é o caso deste trabalho.

O EPG Colaborativo implementado neste estudo de caso simula alguns eventos ocorridos pela interação do usuário com a programação, vistos na próxima seção. Tais eventos representam alguns dos cenários apresentados na seção 8.9.2, referente ao Funcionamento da Infra-estrutura.

Um trecho do código implementado pelo EPG Colaborativo contendo alguns métodos é apresentado na Figura 56. É interessante notar, pelo código, que todo e qualquer acesso ao CollaboraTVware é feito por meio da API disponibilizada (FacadeCollaboraTVware).

```
import collaboratvware.userdevice.api.FacadeCollaboraTVware;

public class CollabEPG {
```

```

private FacadeCollaboraTVware ctw;
...

public void startCollaboraTVware(){
    ctw = FacadeCollaboraTVware.getInstance();
}

public void startObservation(String crid){
    ctw.startObservation(crid);
}
...

public void sendToServiceProvider(){
    ctw.sendToServiceProvider();
}

public String getRating(String crid){
    return ctw.getRating(crid);
}

public void setRating(String crid, String rating){
    ctw.setRating(crid, rating);
}
...
}

```

Figura 56 – Acesso a API do CollaboraTVware

O estudo de caso em questão envolve o programa “*Show Turnê do Roger Waters*”. Este programa contém alguns recursos de interatividade como, por exemplo, possibilidade de selecionar um fluxo de vídeo dentre os diversos fluxos contendo tomadas do *show* – vocalista, baterista e banda completa – ou ainda acessar informações adicionais sobre a banda. A sua identificação, ou seja, o CRID, é `crid://broadcaster.music.com/RogerWatersTour`, pertence ao gênero musical e tem duração de 1h30min (PT1H30M), conforme os metadados do programa representados de acordo com o padrão TV-Anytime, vistos na Figura 57 (em destaque).

```

<ProgramInformation programId="crid://broadcaster.music.com/RogerWatersTour">
  <tva:BasicDescription>
    <tva:Title>Roger Waters Concert in Brazil</tva:Title>
    <tva:Synopsis>Roger Waters World Tour live at Sao Paulo (Brazil) - March
2007</tva:Synopsis>
  ...
  <tva:Genre href="urn:tva:metadata:cs:ContentCS:2007">
    <tva:Name>Musical</tva:Name></tva:Genre>
    <tva:Language>EN</tva:Language>
    <tva:Duration>PT1H30M</tva:Duration></tva:BasicDescription>
  ...
</ProgramInformation>

```

Figura 57 – Metadados do programa “Show Turnê do Roger Waters”

A avaliação deste programa expressa a opinião do usuário na escala de 1 a 5 que denota “Ruim”, “Regular”, “Bom”, “Ótimo” ou “Excelente”, respectivamente. A idéia está em um usuário indicar o quão relevante / interessante é este programa. Espera-se que o resultado desta avaliação sirva para outros usuários de perfis e contextos similares.

9.1 Resultados experimentais

Os experimentos foram conduzidos com dois computadores com configurações semelhantes (plataforma: Intel Pentium 4 3000 MHz, 1GB RAM, Windows XP e obrigatoriamente uma máquina virtual Java – Java SE 6 - 1.6.0_05) conectados numa rede local Ethernet a 100Mbps. Um deles assumiu o papel do dispositivo do usuário e outro do provedor de serviços.

A seguir, será apresentada uma seqüência de cenários que simulam a utilização do EPG Colaborativo, bem como o administrador agindo no subsistema do provedor de serviços.

Registro de Monitoração e Avaliação atribuída pelo Usuário

Como o funcionamento do CollaboraTVware é transparente ao usuário, optou-se por apresentar neste cenário o *log* de saída gerado pela infra-estrutura. Sendo assim, a Figura 58 ilustra os eventos registrados pelo CollaboraTVware quando um determinado usuário consome por 30min o programa “*Show Turnê do Roger Waters*”. Em seguida há uma pausa de 10min (provavelmente este usuário selecionou outro programa – omitido na figura), e logo após este tempo retorna ao programa e consome por mais 30min. No decorrer da observação o usuário avaliou o programa como 5, “Excelente” (em destaque na Figura 58).

```

Start observation (crid://broadcaster.music.com/RogerWatersTour)= 1212543836906ms
Pause observation (crid://broadcaster.music.com/RogerWatersTour)= 1212545636906ms
Parcial observation time (crid://broadcaster.music.com/RogerWatersTour)= 30min
... (10min observando outro programa)
Restart observation (crid://broadcaster.music.com/RogerWatersTour)=1212546236906ms
Setting Rating for crid://broadcaster.music.com/RogerWatersTour = 5 "Excelent"
Stop observation (crid://broadcaster.music.com/RogerWatersTour)= 1212548036906ms
Total observation time (crid://broadcaster.music.com/RogerWatersTour)= 1h
Tp = 1h, Tt = 1h30min ->  $\beta = T_p/T_t = 0.67$ 
userID = antonio_jr
Updating implicit preference of the genre "musical":  $\alpha$  = learning rate = 0.5,
w_old(musical) = 0.8 -> w_new(musical) = 0.73
Registering Participative Usage History for crid://broadcaster.music.com/RogerWatersTour
Capturing and representing Context of User Interaction
Building Participative Usage Profile
    userdevice\tx\pup_RogerWatersTour.xml is created!
    XML Document is valid!

```

Figura 58 – Monitoração e atribuição de avaliação ao programa “Show Turnê do Roger Waters”

Após o término da observação, a identificação do usuário que utiliza o dispositivo no momento da interação é obtida pelo CollaboraTVware. Uma vez identificado, a preferência implícita deste usuário referente ao peso do gênero “musical” (gênero referente ao programa observado), ou seja, w_i^{atual} ($i = \text{musical}$), é atualizada com $\beta = 0.67$, lembrando que o programa tem duração de 1h30min. Os valores de α e w_i^{anterior} para o gênero “musical” também são previamente conhecidos. Os próximos passos são o registro do histórico de uso participativo, e a captura e representação das demais informações contextuais relacionadas ao contexto da interação do usuário, para, enfim, gerar um documento XML, validado segundo o Esquema XML do CollaboraTVware, contendo o *perfil de uso participativo* com avaliação instanciada (visto na Figura 59).

Figura 59 – Perfil de uso participativo com avaliação instanciada

Uma vez iniciado o CollaboraTVware no dispositivo do usuário, o procedimento visto neste cenário passa a ser comum a todos os programas consumidos e avaliados. Logo, no final de um certo período existirão diversos *perfis de uso participativo* com avaliação instanciada, de diversos programas, persistidos no dispositivo do usuário e prontos para serem enviados ao provedor de serviços por meio do cliente de Serviços Web. O EPG Colaborativo desenvolvido realiza esta operação de envio a cada 24h, porém pode haver um outro período agendado.

Criação do Modelo de Conhecimento e Análise de Desempenho

Para que seja gerado o modelo de conhecimento do programa “*Show Turnê do Roger Waters*” no provedor de serviços é necessário que vários usuários tenham realizado o cenário anterior, isto é, tenham avaliado o programa, e gerado os *perfis de uso participativo*, formando, assim, um conjunto de treinamento. Abaixo há um trecho do arquivo ARFF (*RogerWatersTour.arff*), utilizado pelo CollaboraTVware, atualizado com o novo *perfil de uso participativo* enviado no cenário anterior (em destaque).

```
% Por questões de simplificação, o cabeçalho com a declaração dos atributos foi omitido
% (veja Apêndice B)
%
@relation collaboraTVware.RogerWatersTour
...
@data
PT,35,Female,chemical,Musical,80,1.33,2,0.7,BR-RJ,'work place',morning,PC,640,480,30,2,
80000,true,4
PT,27,Male,engineer,Musical,75,1.78,5,0.9,BR-SP,'my home',afternoon,'Set-Top Box',1920,
1080,400,5,80000,true,5
PT,50,Male,doctor,Musical,70,1.33,2,0.4,BR-SP,hospital,afternoon,'Mobile Phone',176,220,
3,2,100,false,3
IT,22,Female,scientist,Musical,90,1.78,5,1,BR-SP,hotel,night,PC,800,600,50,5,80000,true,5
PT,60,Male,lawyer,Musical,85,1.33,2,0.9,BR-SP,'my home',night,'Set-Top Box',720,480,200,
2,5000,true,5
...
PT,35,Male,mathematical,Musical,75,1.33,2,0.9,BR-SP,airport,night,PDA,240,160,3,2,1000,
true,5
```

relação de *perfis de uso participativo* já obtidos anteriormente pelo provedor de serviços

Figura 60 – RogerWatersTour.arff atualizado com novo registro

Para realização deste estudo de caso, o conjunto de treinamento foi composto de 162 *perfis de uso participativo* registrados no arquivo ARFF. A Tabela 8 apresenta algumas características relativas a este conjunto de treinamento segundo as avaliações atribuídas pelos usuários.

Tabela 8 – Caracterização do conjunto de treinamento utilizado no estudo de caso

Avaliação atribuída	Características dos <i>perfis de uso participativo</i>
Entre 4 e 5	<ul style="list-style-type: none"> • De modo geral, são os usuários que têm interesse pelo gênero “musical” ($w_{musical} > 0,7$ e grau de preferência explícito > 70); • Maioria dos estudantes, matemáticos e engenheiros gostaram dos efeitos especiais; • Usuários estrangeiros (língua $\neq$ PT) em hotéis; • Usuários localizados em aeroportos e estações de metrô em São Paulo e Minas Gerais; • Usuários que assistem ao programa a noite e em casa; • Maioria dos usuários com PC e PDA (exceto aqueles que estavam em transporte coletivo); • Maioria dos usuários com set-top box com boas configurações (resolução 1920x1080, 5 canais de áudio etc).
3	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de celular como dispositivo ofereceu uma certa dificuldade no acesso às informações adicionais sobre a banda; • Usuários muito jovens (até aproximadamente 16 anos);
Entre 1 e 2	<ul style="list-style-type: none"> • De maneira geral, são os usuários que não têm muito interesse pelo gênero “musical” ($w_{musical} < 0,2$ e grau de preferência explícito < 20); • Usuários em transporte coletivo, pois provavelmente acham mais interessante clipes rápidos (programas de curta duração); • Usuários com ocupação dona-de-casa não gostaram muito do show.

Vale também destacar que foram adicionados alguns dados ruidosos (aproximadamente 8%) no conjunto de treinamento para realização de testes com os métodos de classificação. Exemplo: apesar da maioria das donas-de-casa não terem gostado do programa, algumas delas avaliaram como 4 (“Ótimo”).

Conforme apresentado na seção 8.9 (Projeto e Implementação do Protótipo), o provedor de serviços pode criar o modelo de conhecimento a partir dos métodos de classificação: algoritmo C4.5 (árvore de decisão), *perceptron* multicamadas (redes neurais) e classificador bayesiano ingênuo (aprendizagem bayesiana). Como prova de conceito, neste estudo de caso foram criados os três modelos de conhecimento.

O tempo de criação dos modelos de conhecimento variou conforme o método adotado. Além disso, a serialização dos modelos de conhecimento para ser transmitido, via canal de difusão, resultou em arquivos de tamanhos diferentes. Tais informações podem ser observadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Tempo de construção dos modelos de conhecimento e tamanho dos arquivos serializados

Método	Tempo (s)	Tamanho do arquivo (KB)
Algoritmo C4.5	0,02	16
<i>Perceptron</i> multicamadas	75,61	626
Classificador bayesiano ingênuo	0,01	18

É possível notar que com o método *perceptron* multicamadas foi consumido aproximadamente 75s na construção do modelo de conhecimento, enquanto que com os demais não durou 1s (centésimos de segundo). A mesma observação cabe ao tamanho do arquivo contendo o modelo de conhecimento. Enquanto que com o uso do algoritmo C4.5 e classificador bayesiano ingênuo os tamanhos foram similares (16KB e 18KB, respectivamente), com o *perceptron* multicamadas chegou a ser aproximadamente 35 vezes maior.

O próximo passo consiste em analisar o desempenho resultante da aplicação de tais métodos, inclusive para justificar, ou não, o uso do *perceptron* multicamadas.

Avaliação de desempenho dos modelos de conhecimento gerados segundo os métodos de classificação aplicados

Uma das validações do CollaboraTVware neste estudo de caso é verificar a qualidade dos modelos de conhecimento criados por meio da análise de métricas de avaliação de desempenho realizada pelo administrador do provedor de serviços.

A *validação cruzada com K conjuntos (K-fold cross-validation)* é a técnica de partição do conjunto adotada neste trabalho (apresentada na seção 6.2.3). Neste estudo de caso foi utilizado $k = 5$ (valor comum para K).

A discussão da avaliação dos modelos criados concentra-se em torno da medida F, pois esta métrica é uma combinação dos valores das métricas precisão e abrangência. Maiores detalhes podem ser vistos na seção 6.2.3. O valor ideal para a medida F é 1. Sendo assim, a Tabela 10 sumariza o resultados observados pelo administrador.

Tabela 10 – Medidas F das avaliações

Método	Medidas F das avaliações				
	1 (Ruim)	2 (Regular)	3 (Bom)	4 (Ótimo)	5 (Excelente)
Algoritmo C4.5	0,745	0,558	0,720	0,364	0,836
<i>Perceptron</i> multicamadas	0,704	0,683	0,720	0,489	0,734
Classificador bayesiano ingênuo	0,766	0,612	0,608	0,341	0,741

A maior variação entre os métodos escolhidos foi na avaliação “Ótimo”, onde o classificador bayesiano ingênuo resultou em um valor de medida F correspondente a 70% do obtido pelo método *perceptron* multicamadas. Em todas as demais medidas F analisadas a relação de valores entre os métodos foi superior a 80%, ou seja, os métodos apresentaram valores similares de medida F. Inclusive, é possível observar que para a avaliação “Bom”, dois métodos obtiveram o mesmo valor (algoritmo C4.5 e *perceptron* multicamadas – 0,720 para ambos).

Diante dos resultados obtidos para programa “*Show Turnê do Roger Waters*”, o administrador do provedor de serviços poderia decidir pelo envio (difusão aos usuários) de qualquer um dos modelos de conhecimento gerado.

Entretanto, vale lembrar que apesar do desempenho do método *perceptron* multicamadas ser similar ao dos outros dois, a sua escolha deve ser evitada neste caso, pois conforme visto anteriormente, o arquivo contendo o modelo de conhecimento gerado é significativamente maior (656KB em comparado com 16KB e 18KB). Tal fator impactante, inerente ao uso da técnica de redes neurais, está relacionado a complexidade na geração do modelo de conhecimento (desvantagem do emprego desta técnica, conforme visto na seção 6.2.2.7).

Consulta da Avaliação do Programa

A partir do momento que o modelo de conhecimento do programa “*Show Turnê do Roger Waters*” tenha sido recebido pelo dispositivo de um usuário que não tenha consumido o programa, é possível prever a sua avaliação. Basta que este usuário solicite a avaliação por meio do EPG Colaborativo.

Sendo assim, a Figura 61 apresenta o *perfil de uso participativo* com avaliação não instanciada gerado pelo CollaboraTVware quando um determinado usuário solicita a avaliação do programa. Como pode ser visto, é semelhante ao apresentado na Figura 59, porém não há o elemento `<ctw:Rating>` instanciado.

Figura 61 – Perfil de uso participativo com avaliação não instanciada

Neste cenário foram utilizados os três métodos de classificação suportados pelo CollaboraTVware e todos eles apontaram a avaliação 5 (“Excelente”) como resposta.

Analisando o conjunto de treinamento utilizado neste estudo de caso é possível notar algumas similaridades entre o *perfil de uso participativo* da Figura 61 e as características dos *perfis de uso participativo* com avaliação “Entre 4 e 5” da Tabela 8, apresentada anteriormente. Dentre as similaridades:

- O usuário do *perfil de uso participativo* da Figura 61 é um engenheiro, sendo que a maioria dos usuários que possui esta ocupação gostou dos efeitos especiais do programa;
- O usuário tem grande interesse pelo gênero “musical”, apresentando grau de preferência explícito por este gênero = 80 e $w_{musical} = 0,9$;
- Este usuário, ao solicitar a avaliação do programa, está em casa no período da noite, sendo esta uma outra característica que contribuiu para retornar a avaliação 5 (“Excelente”);
- O dispositivo utilizado é um set-top box com resolução de 1920x1080, 5 canais de áudio, capacidade de 80GB de armazenamento, 400Watts de potência de áudio, ou seja, apresenta boas configurações;

Diante destes resultados, conclui-se que a avaliação descoberta pelo CollaboraTVware auxiliou este usuário na decisão de assistir ao programa. Evidentemente que, dependendo do usuário, a avaliação encontrada poderia ser, por exemplo, “Ruim”, denotando ser um programa que não agradou, por não ser bem avaliado, outros usuários de perfis e contextos similares.

Uma outra abordagem interessante para expressar a opinião dos usuários neste estudo de caso poderia ser por meio de alguma simbologia apresentada ao usuário representando o seu grau de satisfação, como por exemplo o uso de *estrelas* indicativas de avaliação.

O próximo capítulo finaliza esta dissertação apresentando as conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

10 Conclusões

O objetivo principal desta dissertação consistia na proposta de uma infraestrutura de software a ser empregada no cenário da TV Digital Interativa para orientar, de forma transparente, os usuários na escolha de programas e serviços de TV Digital Interativa através da participação colaborativa de outros usuários com perfis e contextos similares. Este objetivo foi alcançado com a concepção do CollaboraTVware.

Foi necessário cumprir algumas etapas para atingir tal objetivo. Primeiramente, para ilustrar a aplicabilidade do CollaboraTVware foram apresentados alguns cenários de uso. Em seguida, através do estudo da modelagem de usuário, foi possível identificar quais as principais características do usuário que a infra-estrutura necessitava conhecer e quais as abordagens existentes a serem empregadas na construção do modelo do usuário. Para representação deste modelo foram utilizados Esquemas dos potenciais padrões de metadados flexíveis usados no domínio da TV Digital Interativa, juntamente com algumas extensões previstas.

Adicionalmente, através da pesquisa sobre conceitos relacionados à ciência de contexto, foram identificadas e modeladas as informações contextuais referentes às entidades usuário, dispositivo e programa que formam o contexto da interação do usuário.

Além disso, o conceito de *perfil de uso participativo*, proposto neste trabalho para ser usado na tarefa de classificação (abordagem adotada na concepção da infra-estrutura), foi apresentado e discutido. Ainda em relação à tarefa de classificação, vale destacar que o uso das APIs da ferramenta Weka, disponível na Web, atendeu as necessidades de implementação do protótipo. Tais APIs possuem diversas implementações de outros métodos de classificação (de diversas técnicas) que podem vir a serem utilizadas. Isso torna flexível a escolha do método adotado por parte do CollaboraTVware.

Por fim, a principal contribuição desta dissertação foi a apresentação, em detalhes, da arquitetura, projeto e implementação da infra-estrutura CollaboraTVware, composta pelos subsistemas dispositivo do usuário e provedor de

serviços. O funcionamento do CollaboraTVware foi elucidado por meio de diagramas de interação acompanhados de suas respectivas descrições. E, para demonstrar e validar as funcionalidades da infra-estrutura em um cenário de uso, foi desenvolvida uma aplicação (EPG colaborativo) como estudo de caso. Através deste estudo de caso foi possível verificar o compartilhamento de opiniões entre os usuários para um determinado programa (“*Show Turnê do Roger Waters*”).

10.1 Trabalhos Futuros

Há algumas propostas de pesquisas identificadas no decorrer do desenvolvimento desta dissertação que acenam como trabalhos futuros. A primeira delas possui relação direta com a continuidade deste trabalho. Uma das limitações de escopo deste trabalho foi a não implementação do módulo Serviço de Difusão de Modelos de Conhecimento, presente no provedor de serviços, devido à falta de plataforma de TV Digital disponível para transmissão de dados via canal de difusão. Portanto, um próximo passo sugerido é a implementação de tal módulo para difusão, via carrossel de objetos (DSM-CC), dos modelos de conhecimento gerados.

Sugere-se também, ainda em relação a aspectos de implementação, adaptar o CollaboraTVware de modo a utilizar as APIs do Ginga-J (ambiente procedural do *middleware* do Sistema Brasileiro). Vale lembrar que a implementação da versão beta do Ginga-J, referente ao primeiro *release*, ainda não estava finalizada¹³ até o término desta pesquisa.

É interessante também que sejam realizados novos estudos de caso com a infra-estrutura, inclusive com um volume grande de conjunto de treinamento e, se possível, em ambientes reais de TV (variedade de usuários e dispositivos). As principais finalidades seriam a de obter uma validação mais eficaz e buscar identificar qual das técnicas de classificação é a mais interessante e adequada a ser empregada diante dos melhores resultados das medidas de avaliação de desempenho.

¹³ <http://www.openginga.org/download.html>

Para enriquecer o CollaboraTVware, sugere-se o estudo dos interesses e comportamentos dos usuários de TV Digital Interativa no Brasil para descrever estereótipos, ou seja, modelagem de usuário baseada em estereótipo. Abordagem semelhante à proposta por Ardissono et al. (2004) para a população italiana, apresentada na seção 4.2.3. Desta forma incluiria a similaridade de estereótipo na tarefa de classificação.

A extensão e/ou adaptação do CollaboraTVware para ser implantado em um sistema de IPTV (TV sobre o protocolo IP) é vista também como uma tarefa de grande valia.

Um assunto que tem despertado interesse pela comunidade acadêmica é a recomendação personalizada de conteúdo para TV Digital. Este assunto é tema de um trabalho de doutorado em andamento no LARC que está sendo investigado por Fábio Santos. Sua pesquisa tem como objetivo especificar e desenvolver uma plataforma de software que viabilize ao usuário de TV Digital receber recomendações personalizadas de informações sobre eventos ou programas de TV. Esta plataforma deverá aplicar técnicas de filtragem e também irá explorar o uso de informações contextuais para melhorar a qualidade das recomendações.

Um outro assunto interessante a ser abordado em trabalhos futuros, e que se configura como uma evolução natural do CollaboraTVware, envolve o conceito de marcação colaborativa (do inglês, *collaborative tagging*), conhecido também como classificação social (do inglês, *social classification*) ou folksonomia¹⁴ (do inglês, *folksonomy*). O conceito de *tagging*, no contexto de compartilhamento de conteúdo digital, consiste, basicamente, em uma entidade associar *tags* (palavras-chave) ao conteúdo. Quando estas entidades não forem especialistas ou criadores do conteúdo, mas sim os usuários consumidores, têm-se a folksonomia. Desta forma, folksonomia é caracterizada pela construção colaborativa da classificação (via *tags*) do conteúdo digital, a partir, por exemplo, do vocabulário da comunidade que a utiliza. Logo, corresponde a mais uma idéia relacionada à colaboração no mundo da Internet, mais especificamente na Web 2.0, que pode ser adaptada ao cenário da TV Digital.

¹⁴ É uma analogia à palavra taxonomia, incluindo o prefixo *folks* (palavra da língua inglesa que significa pessoas).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, G.; CASATI, F.; KUNO, H.; MACHIRAJU, V. **Web Services: Concepts, Architecture and Applications**. Springer, 2004.

ALVES, L. G. P.; KULESZA, R.; SILVA, F. S.; JUCA, P.; BRESSAN, G. **Análise Comparativa de Metadados em TV Digital**. In: XXIV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores / WTVD 2006 - II Workshop de TV Digital, 2006, Curitiba. Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, 2006, pp. 87–98.

AMO, S. A. **Técnicas de Mineração de Dados**. JAI – Jornadas de Atualização em Informática. XXIV Congresso da SBC, 2004.

ANDRADE NETO, F. C.; FERRAZ, C. A. G. **Uma Arquitetura para Suporte ao Desenvolvimento de Aplicações Sensíveis a Contexto em Cenário de Convergência**. In: XXIV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores / WTVD 2006 - II Workshop de TV Digital, 2006, Curitiba. Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, 2006, pp. 39–49.

APACHE. **Web Services – Axis**. 2006. Disponível em: <<http://ws.apache.org/axis/>>. Acesso em: 16 jan. 2008.

ARDISSONO, L.; GENA, C.; TORASSO, P.; BELLIFEMINE, F.; DIFINO, A.; NEGRO, B. **User Modeling and Recommendation Techniques for Personalized Electronic Program Guides**. In: Personalized Digital Television. Targeting programs to individual users. Kluwer Academic Publishers, 2004.

ABNT. NBR 15603-1. **Televisão digital terrestre - Multiplexação e serviços de informação (SI) - Parte 1: Serviços de informação do sistema de radiodifusão**. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT. NBR 15607-1. **Televisão digital terrestre – Canal de interatividade - Parte 1: Protocolos, interfaces físicas e interfaces de software**. Rio de Janeiro, 2008.

BALBONI, M. (coordenação executiva e editorial). **Pesquisa sobre o uso das Tecnologias da Informação e da Comunicação no Brasil: TIC Domicílios e TIC Empresas 2006**. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br), 2007. Disponível em: <<http://www.cetic.br/publicacoes/index.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2007.

BAZIRE, M.; BRÉZILLON, P. **Understanding Context Before Using It**. In: 5th International and Interdisciplinary Conference, CONTEXT-05, v. LNAI 3554, pp. 29-40, Springer Verlag, Paris, France.

BECHHOFFER, S. et al. **Web Ontology Language (OWL) Reference**. W3C Recommendation, 2004.

BECKER, V.; PICCIONI, C. A.; MONTEZ, C.; FILHO, G. H. H. **Datacasting e Desenvolvimento de Serviços e Aplicações para TV Digital Interativa**. In: Web e Multimídia: Desafios e Soluções. Poços de Caldas, 2005, v. 01, p. 01-30.

BELOTTI, V. SOPHIE: **Context Modelling and Control**. Diploma Thesis, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, 2004.

BITTENCOURT, F. **TV aberta brasileira: o impacto da digitalização**. IEL/NC, TV Digital: qualidade e interatividade, 2007. Disponível em: <http://www.iel.org.br/publicacoes/arquivos/tv_digital_web.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2008.

BOERTJES, E. **ConnecTV: Share the Experience**. In: Workshop EuroITV 2007 – Social Interactive Television, 2007.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **The Unified Modeling Language User Guide**. 5ª Edição. Reading, Massachusetts, EUA: Addison Wesley Longman, Inc, 1999. 483 p.

BROSSO, M. I. L. **Autenticação Contínua de Usuários em Redes de Computadores**. Tese de Doutorado. 156p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais. São Paulo, 2006.

BRUSILOVSKY, P. **Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia**. In: User Modeling and User-Adapted Interaction, Vol. 6, No. 2-3., 1996, pp. 87-129.

BRUSILOVSKY, P. **Adaptive Hypermedia**. In: User Modeling and User Adapted Interaction v.11 n.1, 2001, pp.87-110.

CARVALHO, F. B. S.; ALENCAR, M. S. **Análise da Transmissão do Canal de Retorno do Sistema Brasileiro de TV Digital via Power Line Communications**. III

Fórum de Oportunidades em Televisão Digital Interativa, Poços de Caldas, MG, 2005.

CATAPANO, D.; DELAY, J.; NANDHUKUMAR, N.; TENHUNDFELD, D.; THOMAS, G. **DTV Data Broadcasting: Opportunities and Experiences**. In: Technical report, Triveni Digital Inc., Harris Corporation, 2003.

CHEN, G.; KOTZ, D. **A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research**. Technical Report TR2000-381, Computer Science Department, Dartmouth College, 2000.

CHIARIGLIONE, L. **The MPEG Home Page**. 2007. Disponível em: <<http://www.chiariglione.org/mpeg/>>. Acesso em: 27 jun. 2007.

COX, M.; MULDER, E.; TADIC, L. **Descriptive Metadata for Television: An End-to-End Introduction**. Focal Press, 2006

DAVIS, L.. **Handbook of Genetic Algorithms**. VNR Comp. Library, 1990.

DEY, A. K.; ABOWD, G. D. **Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness**. Presented at the CHI 2000 Workshop on the What, Who, Where, When, Why and How of Context-Awareness, April 1-6, 2000.

DEY, A. K. **Understanding an Using Context**. In: ACM Personal and Ubiquitous Computing Journal, v.5, n. 1, p.4-7, 2001.

DEY, A. K.; ABOWD, G. D.; SALBER, D. **A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications**. In: Human-Computer Interaction, 2001, Volume 16, pp. 97–166.

DIAS, M. M. **Parâmetros na escolha de técnicas e ferramentas de mineração de dados**. Acta Scientiarum, UEM - Maringá - PR, v. 24, n. 6, p. 1715-1725, 2002.

DVB-TVA. **Digital Video Broadcasting (DVB); Carriage and signalling of TV-Anytime information in DVB transport streams**. 2005. ETSI TS 102 323 v1.2.1 Technical Specification. Disponível em: <http://webapp.etsi.org/exchangefolder/ts_102323v010201p.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2008.

EVAIN, J. P.; MURRET-LABARTHE, H. **TV-Anytime Phase 1 – a decisive milestone in open standards for Personal Video Recorders**. EBU Technical Review, 2003.

FAYYAD, U. M.; PIATESKY-SHAPIO, G.; SMYTH, P. **From Data Mining to Knowledge Discovery: An Overview**. In: Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, AAAI Press, 1996.

FERNANDES, J.; SOUZA FILHO, G. L.; ELIAS, G. **Introdução à Televisão Digital Interativa: Arquitetura, Protocolos, Padrões e Práticas**. JAI – Jornadas de Atualização em Informática. XXIV Congresso da SBC, 2004.

FILHO, A. B. **O Sistema Brasileiro de Televisão Digital: do sonho a realidade**. IEL/NC, TV Digital: qualidade e interatividade, 2007. Disponível em: <http://www.iel.org.br/publicacoes/arquivos/tv_digital_web.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2008.

FILHO, E. C. L. **Um Middleware Extensível para Disponibilização de Serviços em Ambientes Pervasivos**. Dissertação de Mestrado. 115p. Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Engenharia Elétrica e Informática. Campina Grande, 2006.

GAMMA, E.; VLISSIDES, J.; HELM, R.; JOHNSON, R. **Design Patterns: Elements of Reusable Software Architecture**, Addison-Wesley, 1995.

GEERTS, D.; HARBOE, G.; MASSEY, N. **Social Interactive Television**. Workshop EuroITV, 2007. Disponível em: <<http://soc.kuleuven.be/com/mediac/socialitv/results.htm>>. Acesso em: 30 jul. 2007.

GOLDSCHMIDT, R; PASSOS, E. **Data Mining: Um Guia Prático**. Elsevier, 2005.

GOULARTE, R. **Personalização e adaptação de conteúdo baseadas em contexto para TV Interativa**. Tese de Doutorado. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

GROTH, R. **Data Mining**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, Inc., 1998.

GU, T.; PUNG, H. K.; ZHANG, D. Q. **A service-oriented middleware for building context-aware services**. In: Elsevier Journal of Network and Computer Applications (JNCA), v. 28 , issue 1, 2005, pp. 1-18.

HARRISON, C.; AMENTO, B. **CollaboraTV – Making TV Social Again**. In: Workshop EuroITV 2007 – Social Interactive Television, 2007.

HAYKIN, S. **Neural Networks: a Comprehensive Foundation**. Prentice Hall, 1999.

HENRICKSEN, K; INDULSKA, J. **Developing Context-Aware Pervasive Computing Applications: Models and Approach**. In: Pervasive and Mobile Computing Journal, n. 2, pp. 37-64, Elsevier, 2006.

IATRINO, A.; MODEO, S. **EPG-Board a Social Application for the OmegaBox Media Center**. 5th European Conference, EuroITV 2007, Amsterdam, Netherlands. Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin, 2007.

ISO/IEC 15938-1. **MPEG-7 Overview**. 2004 Disponível em: <<http://www.chiariglione.org/MPEG/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm>>. Acesso em: 30 jul. 2007.

ISO/IEC 15938-2. **Description Definition Language**. Information Technology – Multimedia Content Description Interface – Part 2. MPEG Systems SubGroup, 2001.

ISO/IEC 15938-5. **Multimedia Description Schemes**. Information Technology – Multimedia Content Description Interface – Part 5. MPEG Systems SubGroup, 2003.

ISO/IEC 21000-1. **MPEG-21 Overview**. MPEG-21 Multimedia Framework Part 1: Vision, Technologies and Strategy. 2002 Disponível em: <<http://www.chiariglione.org/MPEG/standards/mpeg-21/mpeg-21.htm>>. Acesso em: 30 jul. 2007.

ISO/IEC 21000-7. **Digital Item Adaptation**. Information technology – Multimedia framework (MPEG-21) — Part 7. MPEG Systems SubGroup, 2004.

ITU. **Basic principles for a worldwide common family of systems for the provision of interactive television services**. International Telecommunication Union – Telecommunication (ITU-T) J.110, 1997.

JENSEN, J. F. **Interactive television: new genres, new format, new content**. In: Proceedings of the Second Australasian Conference on Interactive Entertainment. ACM International Conference Proceeding Series, 2005, vol. 123, pp. 89-96.

KOBSA, A.; KOENEMANN, J.; POHL, W. **Personalized Hypermedia Presentation Techniques for Improving Online Customer Relationships**. In: The Knowledge Engineering Review, v. 16, n. 2, 2001, pp. 111-155.

KULES, B. **User Modeling for Adaptive and Adaptable Software Systems**. ACM Conference on Universal Usability, 2000.

LEITE, L. E. C.; LIMA, O.; SOUZA FILHO, G. L.; MEIRA, S. R. L.; TEDESCO, P. C. A. R. **Uma Arquitetura de Serviço para Avaliação de Contextos em Redes de TV Digital**. In: Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, 2007, Belém - PA. Anais do 25o Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, 2007.

LIN, K. J. **Building Web 2.0**. In: IEEE Computer Society, 2007, vol. 40, no. 5, pp. 101-102.

IEEE/LTSC, **Draft Standard for Learning Objects Metadata**. IEEE Learning Technologies Standard Committee (LTSC), 2002. Disponível em: <<http://ltsc.ieee.org/w12/>>. Acesso em: 25 jul. 2007.

LU, K. Y. **Interaction Design Principles for Interactive Television**. Dissertação de Mestrado. Georgia Institute of Technology, 2005.

LUGMAYR, A.; NIIRANEN, S.; KALLI, S. **Digital Interactive TV and Metadata**. Springer, 2004.

MACLIN, B. **What Every Marketer Needs to Know about iTV**. Nova Iorque, eMarketer Analyst Brief, 2001.

MASTHOFF, J.; PEMBERTON, L. **Adaptive Hypermedia for Personalized TV**. In: Adaptable and Adaptive Hypermedia Systems. IDEA group publishing, 2005, pp. 246-263.

MATUSHIMA, R. **Desenvolvimento de aplicações multimídias baseado em arquitetura orientada a serviços e nos padrões MPEG-7 e MPEG-21**. Dissertação de Mestrado. 100p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais. São Paulo, 2007.

MELONI, L. G. P. **Return Channel for the Brazilian Digital Television System-Terrestrial**. In: Journal of the Brazilian Computer Society. Revista no. 4; Vol. 12, 2007. ISSN 0104-6500.

MICHIE, D.; SPIEGELHALTER, D.; TAYLOR, C. **Machine Learning, Neural and Statistical Classifications**. Ellis Horwood, 1994.

MONTEZ, C.; BECKER, V. **TV Digital Interativa: Conceitos e Tecnologias**. Tópicos em Tecnologias Web e Multimídia. WebMedia, 2004.

MONTEZ, C.; BECKER, V. **TV Digital Interativa: Conceitos, Desafios e Perspectivas para o Brasil**. Ed. da UFSC, 2ª Edição, Florianópolis, Brasil, 2005.

MORAN, T. P.; DOURISH, P. **Introduction to This Special Issue on Context-Aware Computing**, Special Issue of Human-Computer Interaction, Volume 16, 2001.

MORRIS, S.; SMITH-CHAIGNEAU, A. **Interactive TV Standards: A Guide to MHP, OCAP, and JavaTV**. Focal Press, 2005.

NUNES, V. T.; SANTORO, F. M.; BORGES, M. R. S. **Um Modelo para Gestão de Conhecimento Baseado em Contexto**. Anais do IV Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos (SBSC 2007) – XXVII Congresso da SBC, 2007, pp. 69-82.

OASIS. **Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0**, Committee Specification 1, August 2006. Disponível em: <<http://www.oasis-open.org/committees/download.php/19679/soa-rm-cs.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2008.

PALAZZO, L. A. M. **Sistemas de Hiperídia Adaptativa**. JAI – Jornadas de Atualização em Informática. XXII Congresso da SBC, Florianópolis, SC, Brasil, 2002.

PAPAZOGLU, M. P. **Service-Oriented Computing: Concepts, Characteristics and Directions**. In: Proceedings of the Fourth International Conference on Web Information Systems Engineering (WISE'03, IEEE Computer Society, Roma, Itália, 2003, pp. 3–12.

PAPAZOGLU, M. P.; GEORGAKOPOULOS, D. **Service-Oriented Computing**. Communications of the ACM, Volume 46, Issue 10, 2003, pp. 25–28.

PICCIONI, C. A. **Modelo e Implementação de um Serviço de Datacasting para Televisão Digital**. Dissertação de Mestrado. 102p. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

PIMENTEL, M. G.; GOULARTE, R. **Multimídia, Web Semântica, e Engenharia de Documentos aplicados à Computação Ubíqua**. In: Mini-curso apresentado no XIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (WebMedia 2007), Gramado, RS, Brasil, 2007.

QUILAN, J. R. **C4.5: Programs for Machine Learning**. Morgan Kaufmann Publishers, 1993.

REISMAN, R. R. **Rethinking Interactive TV – I want my Coactive TV**. Teleshuttle Corporation, 2002. Disponível em: <<http://www.teleshuttle.com/cotv/CoTVIntroWtPaper.htm>>. Acesso em: 16 jul. 2007.

ROCHA, R. C. et al. **Evolutionary and efficient context management in heterogeneous environments**. In: Proceedings of the 3rd international Workshop on Middleware For Pervasive and Ad-Hoc Computing. MPAC '05, vol. 115. ACM Press, New York, NY, 1-7, 2005.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**. Tradução de segunda edição. Rio de Janeiro, Elsevier, 2004.

SANTOS JÚNIOR, J. B.; GOULARTE, R.; MOREIRA, E. S.; FARIA, G. **The Modeling of Structured Context-Aware Interactive Environments**. In: Transactions of the SDPS – Journal of Integrated Design and Process Sciences, v. 5, n. 4, 2001, p. 77-93.

SANTOS JÚNIOR, J. B.; GOULARTE, R.; FARIA, G.; MOREIRA, E. S. **Modelling of User Interaction in Context-Aware Interactive Television Application on Distributed Environments**. Proceedings First Workshop on Future Television at 8th International Conference on User Modelling (UM'2001). Sonthofen, Alemanha, 2001. LNAI 2001 Springer Verlag, N1, V2, pp.49-56.

SANTOS JÚNIOR, J. B. **Modelagem de Ambientes Interativos Conscientes de Contexto: Uma Abordagem Baseada nos Padrões MPEG-4 e MPEG-7**. Tese de Doutorado. 252p. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002. Disponível em: <www.inf.pucpcaldas.br/~joao/tvdilab/repositorio/tesephhd.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2007.

SANTOS, F. **Personalização de Conteúdo na TVDI Através de um Sistema de Recomendação Personalizada de Programas de TV**. III Fórum de Oportunidades em Televisão Digital Interativa, Poços de Caldas, MG, 2005.

SATYANARAYANAN, M. **Privacy: The Achilles Heel of Pervasive Computing?** In: IEEE Pervasive Computing, vol. 2, no. 1, pp 2-3, 2003. Disponível em: <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MPRV.2003.10002>.

SBC. **Grandes Desafios da Pesquisa em Computação no Brasil – 2006 - 2016**. Sociedade Brasileira de Computação (SBC). Relatório sobre o Seminário realizado em 8 e 9 de maio de 2006.

SBTVD. **Decreto Presidencial nº 4.901**, de 26 de novembro de 2003. Disponível em: http://www.mc.gov.br/005/00502001.asp?ttCD_CHAVE=8882. Acesso em: 10 jan. 2008.

SBTVD. **Decreto Presidencial nº 5.820**, de 29 de junho de 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5820.htm. Acesso em: 10 jan. 2008. Diário Oficial da União, 30 de Junho de 2006.

SHADBOLT, N.; HALL, W.; BERNERS-LEE, T. **The Semantic Web Revisited**. In: IEEE Intelligent Systems, 2006, pp. 96-101.

SILVA, M. P. S. **Mineração de Dados: Conceitos, Aplicações e Experimentos com Weka**. In: Livro da Escola Regional de Informática Rio de Janeiro - Espírito Santo. Vitória - ES, Rio das Ostras – RJ, 2004.

SILVA, G. T. **Adaptação em um Sistema Educacional Hipermídia Baseada na Classificação de Perfis de Usuários**. Dissertação de Mestrado. 80p. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de pós-Graduação em Ciência da Computação. Florianópolis, 2005.

SOARES, L. F. G. **Ambiente para Desenvolvimento de Aplicações Declarativas para a TV Digital Brasileira**. IEL/NC, TV Digital: qualidade e interatividade, 2007. Disponível em: http://www.iel.org.br/publicacoes/arquivos/tv_digital_web.pdf. Acesso em: 15 fev. 2008.

SOARES, L. F. G.; RODRIGUES, R. F.; MORENO, M. F. **Ginga-NCL: the Declarative Environment of the Brazilian Digital TV System**. In: Journal of the Brazilian Computer Society. Revista no. 4; Vol. 12, 2007. ISSN 0104-6500.

SOUZA FILHO, G. L.; LEITE, L. E. C.; BATISTA, C. E. C. F. **Ginga-J: The Procedural Middleware for the Brazilian Digital TV System**. In: Journal of the Brazilian Computer Society. Revista no. 4; Vol. 12, 2007. ISSN 0104-6500.

SRIVASTAVA, H. O. **Interactive TV Technology and Markets**. Norwood: Artech House, 2002.

STAFFANS, L. **Internet Protocol Datacasting: A Technology Overview**. Dissertação de Mestrado. 91p. Universidade de Tecnologia de Helsinki, 2004.

STEUER, J. **Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence**. Journal of Communication. v. 42, n. 4. 1992.

SUN. **Java TV Technology**, Sun Microsystems, 2008. Disponível em: <<http://java.sun.com/products/javatv>>. Acesso em: 04 fev. 2008.

TEKTRONIX. **A Guide to MPEG Fundamentals and Protocol Analysis (Including DVB and ATSC)**. Tektronix MPEG Tutorial, 2002. Disponível em: <http://www.tek.com/Masurement/App_Notes/25_11418/eng/25W_11418_4.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2008.

THAWANI, A.; GOPALAN, S.; SRIDHAR, V. **Context Aware Personalized Ad Insertion in an Interactive TV Environment**. In: Adaptive Hypermedia 2004 – TV'04: the 4th Workshop on Personalization in Future TV - Methods, Technologies, Applications for Personalized TV, Holanda, 2004.

TRUONG, K. N.; ABOWD, G. D.; BROTHERTON, J. A. **Who, What, When, Where, How: Design Issues of Capture Access Applications**. In: Ubicomp 2001: Ubiquitous Computing, Third International Conference Atlanta, Georgia, USA, 2001, pp. 209-224.

TV-ANYTIME FORUM. **TV-Anytime Forum Website**. <http://www.tv-anytime.org>, 1999.

TV-ANYTIME FORUM. **Requirements Series: R-1 on: TV-Anytime Environment**, 2000. Disponível em: <<ftp://tva:tva@ftp.bbc.co.uk/Plenary/TV035r6.zip>>. Acesso em: 14 mar. 2008.

TV-ANYTIME FORUM. **Broadcast and On-line Services: Search, select, and rightful use of content on personal storage systems ("TV-Anytime Phase 1"); Part 5: Rights Management and Protection (RMP) Information for Broadcast Applications**, 2005. ETSI TS 102 822-5 v1.1.1 Technical Specification. Disponível em: <http://webapp.etsi.org/exchangefolder/ts_10282205v010101p.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2008.

TV-ANYTIME FORUM. **Broadcast and On-line Services: Search, select, and rightful use of content on personal storage systems ("TV-Anytime"); Part 2: Phase 1 - System description**, 2007. ETSI TS 102 822-2 v1.4.1 Technical Specification. Disponível em: <http://webapp.etsi.org/exchangefolder/ts_10282202v010401p.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2008.

TV-ANYTIME FORUM. **Broadcast and On-line Services: Search, select, and rightful use of content on personal storage systems ("TV-Anytime"); Part 3: Metadata; Sub-part 1: Phase 1 – Metadata schemas**, 2007. ETSI TS 102 822-3-1 v1.4.1 Technical Specification. Disponível em: <http://webapp.etsi.org/exchangefolder/ts_1028220301v010401p.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2008.

TV-ANYTIME FORUM. **Broadcast and On-line Services: Search, select, and rightful use of content on personal storage systems ("TV-Anytime"); Part 3: Metadata; Sub-part 3: Phase 2 – Extended Metadata Schema**, 2007. ETSI TS 102 822-3-3 v1.2.1 Technical Specification. Disponível em: <http://webapp.etsi.org/exchangefolder/ts_1028220303v010201p0.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2008.

TV-ANYTIME FORUM. **Broadcast and On-line Services: Search, select, and rightful use of content on personal storage systems ("TV-anytime"); Part 4: Phase 1 - Content referencing**, 2007. ETSI TS 102 822-4-1 v1.3.1 Technical Specification. Disponível em: <http://webapp.etsi.org/exchangefolder/ts_10282204v010301p0.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2008.

VANNI, R. M. P.; MOREIRA, E. S. **Gerenciamento de serviços em ambientes ubíquos: uso de semântica para controle de políticas em mudanças de contexto**. In: Workshop on Thesis and Dissertations of WebMedia. XII Simpósio Brasileiro de Multimídia e Web – WebMedia, Natal, Brasil, 2006.

VASSILEVA, J. **A task-centered approach for user modelling in a hypermedia office documentation system**. User Modeling and User-Adapted Interaction. Special issue on adaptive hypertext and hypermedia, v.6, n.2-3, p.87-129, 1996.

VAZ, M. F. R. **Modelagem e Arquitetura de Sistemas para Monitoração e Acompanhamento da Aprendizagem Eletrônica**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais. São Paulo, 2007.

VIEIRA,V.; SOUZA, D.; SALGADO, A. C.; TEDESCO, P. **Uso e Representação de Contexto em Sistemas Computacionais**, Mini-curso apresentado no Simpósio de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC 2006), Natal, Brasil, 2006.

WAIKATO. **Weka 3: Data Mining Software in Java**. The University of Waikato. Disponível em: <<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka>>. Acesso em: 03 abr. 2008.

W3C. **XML Schema**. World Wide Web Consortium (W3C) Recommendation, 2001. Disponível em: <<http://www.w3.org/XML/Schema>>. Acesso em: 25 jul. 2007.

W3C. **Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fourth Edition)**. World Wide Web Consortium (W3C) Recommendation, 2006. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2006/REC-xml-20060816/>>. Acesso em: 25 jul. 2007.

WANG, X. H.; ZHANG, D. Q.; GU, T.; PUNG, H. K. **Ontology based context modeling and reasoning using OWL**. In: Proc. of the Second IEEE Annual Conf. on Pervasive Computing and Communications Workshops, 2004, pp.18-22.

WEISER, M. **The Computer for the 21st Century**. Scientific American, v. 265, n. 3, p. 94-104, 1991, reprinted in IEEE Pervasive Computing, Jan-Mar. 2002, pp. 19-25.

YU, Z; ZHOU, X. **TV3P: an adaptive assistant for personalized TV**. In: IEEE Transactions on Consumer Electronics, v. 50, Issue 1, 2004, pp.393-399.

ZHU, F.; MUTKA, M. W.; NI, L. M. **Service Discovery in Pervasive Computing Environments**. IEEE Pervasive Computing, 4(4), 81–90. 2005.

ZIMMERMANN, A.; LORENZ, A.; SPECHT, M. **Applications of a Context-Management System**. In: Proceedings of the CONTEXT-2005, pp. 555-569.

ZLEMKE, R. **An Open Approach to Enhance Organisational Memory Systems with Context Modelling Techniques**. In: Proceedings of the Third International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management (PAKM 2000), 2000, Basel, Suíça.

APÊNDICE A – Esquemas CollaboraTVware

Neste apêndice é apresentado um conjunto de Esquemas utilizados no trabalho. Tais Esquemas são utilizados na representação dos seguintes itens: modelo do usuário, descrição do dispositivo do usuário, contexto da interação do usuário e *perfil de uso participativo*.

É importante mencionar que o Esquema referente ao contexto da interação do usuário é estruturado de forma semelhante à abordagem proposta por Goularte (2003).

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<schema targetNamespace="http://www.larc.usp.br/~luizgpa/collaboraTVware/"
  xmlns:ctw="http://www.larc.usp.br/~luizgpa/collaboraTVware/"
  xmlns="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns:tva="urn:tva:metadata:2007"
  xmlns:tva2="urn:tva:metadata:extended:2007"
  xmlns:mpeg7="urn:tva:mpeg7:2005"
  xmlns:mpeg21="urn:tva:mpeg21:2007"
  elementFormDefault="qualified" attributeFormDefault="unqualified">

  <import namespace="urn:tva:metadata:2007"
    schemaLocation="./metadata/tva_metadata_3-1_v141.xsd"/>
  <import namespace="urn:tva:metadata:extended:2007"
    schemaLocation="./metadata/tva2_metadata_3-3_v121.xsd"/>
  <import namespace="urn:tva:mpeg7:2005"
    schemaLocation="./metadata/tva_mpeg7.xsd"/>
  <import namespace="urn:tva:mpeg21:2007"
    schemaLocation="./metadata/tva_mpeg21.xsd"/>
  <import namespace="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"
    schemaLocation="./metadata/xml.xsd"/>

  <annotation>
    <documentation> CollaboraTVware Metadata </documentation>
  </annotation>

  <!-- ##### -->
  <!-- Definition of User Model -->
  <!-- ##### -->

  <element name="UserModel" type="ctw:UserModelType"/>

  <complexType name="UserModelType">
    <sequence>
      <element name="Identification" type="string" maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"/>
      <element name="PersonalData" type="ctw:PersonalDataType" maxOccurs="unbounded"
minOccurs="0"/>
      <element name="ExplicitUserPreferences" type="mpeg7:UserPreferencesType"
maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"/>
      <element name="ImplicitUserPreferences" type="ctw:ImplicitUserPreferencesType"
maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"/>
    </sequence>
  </complexType>

```

```

        <element name="ParticipativeUsageHistory" type="ctw:ParticipativeUsageHistoryType"
maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"/>
    </sequence>
</complexType>

<complexType name="PersonalDataType">
    <complexContent>
        <extension base="tva2:UserInformationType">
            <sequence>
                <element name="Occupation" type="string" maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"/>
            </sequence>
        </extension>
    </complexContent>
</complexType>

<complexType name="ImplicitUserPreferencesType">
    <sequence>
        <element name="GenreWeight" type="ctw:GenreWeightType" maxOccurs="unbounded"
minOccurs="0"/>
    </sequence>
</complexType>

<complexType name="GenreWeightType">
    <simpleContent>
        <extension base="decimal">
            <attribute name="genreName" type="string" use="required"/>
            <attribute name="learningRate" type="decimal" use="required"/>
        </extension>
    </simpleContent>
</complexType>

<!-- ##### -->
<!-- MPEG-7 UsageHistory + Rating -->
<!-- ##### -->

<!-- Partial Definition of UsageHistory DS (ISO/IEC 15938-5: 15.3.2) -->
<complexType name="ParticipativeUsageHistoryType">
    <complexContent>
        <extension base="mpeg7:DSType">
            <sequence>
                <element name="UserIdentifier" type="mpeg7:UserIdentifierType" minOccurs="0"/>
                <element name="UserActionHistory" type="ctw:UserActionHistoryType"
maxOccurs="unbounded"/>
            </sequence>
            <attribute name="allowCollection" type="mpeg7:userChoiceType" use="optional"
default="false"/>
        </extension>
    </complexContent>
</complexType>

<!-- Partial Definition of UserActionHistory DS (ISO/IEC 15938-5: 15.3.3) -->
<complexType name="UserActionHistoryType">
    <complexContent>
        <extension base="mpeg7:DSType">
            <sequence>
                <element name="ObservationPeriod" type="mpeg7:TimeType" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
                <element name="UserActionList" type="ctw:UserActionListType"
maxOccurs="unbounded"/>
            </sequence>
        </extension>
    </complexContent>
</complexType>

```

```

        <attribute name="protected" type="mpeg7:userChoiceType" use="optional" default="true"/>
    </extension>
</complexContent>
</complexType>

<!-- Partial Definition of UserActionList DS (ISO/IEC 15938-5: 15.3.4) -->
<complexType name="UserActionListType">
    <complexContent>
        <extension base="mpeg7:DSType">
            <sequence minOccurs="0">
                <element name="ActionType" type="mpeg7:TermUseType"/>
                <element name="UserAction" type="ctw:UserActionType" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
            </sequence>
            <attribute name="numOfInstances" type="nonNegativeInteger" use="optional"/>
            <attribute name="totalDuration" type="mpeg7:durationType" use="optional"/>
        </extension>
    </complexContent>
</complexType>

<!-- Extension of Definition of UserAction DS (ISO/IEC 15938-5: 15.3.5) -->
<complexType name="UserActionType">
    <complexContent>
        <extension base="mpeg7:UserActionType">
            <sequence>
                <element name="Rating" type="ctw:RatingType" minOccurs="0"/>
            </sequence>
        </extension>
    </complexContent>
</complexType>

<simpleType name="RatingType">
    <restriction base="string"/>
</simpleType>

<!-- ##### -->
<!-- Definition of Device Metadata -->
<!-- ##### -->

<element name="Device" type="ctw:DeviceModelType"/>

<complexType name="DeviceModelType">
    <sequence>
        <element name="Identification" type="string" maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"/>
        <element name="DeviceInformation" type="tva2:TerminalInformationType"
maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"/>
        <!-- Obs. Na descrição do terminal, o type "tva2:TerminalInformationType" importa types do
MPEG-21, parte correspondente ao DIA (ISO/IEC 21000-7, 2004) -->
    </sequence>
</complexType>

<!-- ##### -->
<!-- Definition of User Interaction Context -->
<!-- ##### -->

<element name="Context">
    <complexType>
        <complexContent>
            <extension base="ctw:ContextBaseType">
                <sequence>

```

```

        <element name="User" type="ctw:UserType"/>
        <element name="Device" type="ctw:DeviceType"/>
        <element name="Program" type="ctw:ProgramType"/>
    </sequence>
</extension>
</complexContent>
</complexType>
</element>

<complexType name="ContextBaseType" abstract="true">
    <complexContent>
        <restriction base="anyType"/>
    </complexContent>
</complexType>

<complexType name="ContextDimensionType">
    <sequence>
        <element name="Identity" type="ctw:IdentityType" maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"/>
        <element name="Location" type="ctw:LocationType" maxOccurs="unbounded"
minOccurs="0"/>
        <element name="Time" type="ctw:TimeType" maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"/>
        <element name="Activity" type="ctw:ActivityType" maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"/>
    </sequence>
</complexType>

<complexType name="IdentityType" abstract="true">
    <complexContent>
        <restriction base="anyType"/>
    </complexContent>
</complexType>

<complexType name="LocationType" abstract="true">
    <complexContent>
        <restriction base="anyType"/>
    </complexContent>
</complexType>

<complexType name="TimeType" abstract="true">
    <complexContent>
        <restriction base="anyType"/>
    </complexContent>
</complexType>

<complexType name="ActivityType" abstract="true">
    <complexContent>
        <restriction base="anyType"/>
    </complexContent>
</complexType>

<complexType name="UserType">
    <complexContent>
        <extension base="ctw:ContextDimensionType"/>
    </complexContent>
</complexType>

<complexType name="DeviceType">
    <complexContent>
        <extension base="ctw:ContextDimensionType"/>
    </complexContent>
</complexType>

```

```

<complexType name="ProgramType">
  <complexContent>
    <extension base="ctw:ContextDimensionType"/>
  </complexContent>
</complexType>

<complexType name="UserIDType">
  <complexContent>
    <extension base="ctw:IdentityType">
      <sequence>
        <element name="UserID" type="string" maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"/>
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>

<complexType name="DeviceIDType">
  <complexContent>
    <extension base="ctw:IdentityType">
      <sequence>
        <element name="DeviceID" type="string" maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"/>
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>

<complexType name="ProgramIDType">
  <complexContent>
    <extension base="ctw:IdentityType">
      <sequence>
        <element name="ProgramID" type="string" maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"/>
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>

<complexType name="InteractionTimeType">
  <complexContent>
    <extension base="ctw:TimeType">
      <sequence>
        <element name="ViewTime" type="mpeg7:timePointType" maxOccurs="unbounded"
minOccurs="0"/>
        <element name="ViewDuration" type="mpeg7:durationType" maxOccurs="unbounded"
minOccurs="0"/>
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>

<complexType name="InteractionLocationType">
  <complexContent>
    <extension base="ctw:LocationType">
      <sequence>
        <element name="Place" type="mpeg7:PlaceType" maxOccurs="unbounded"
minOccurs="0"/>
        <element name="StereotypedClass" type="mpeg7:ControlledTermUseType"
maxOccurs="unbounded" minOccurs="0"/>
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>

```

```

    </complexContent>
</complexType>

<!-- ##### -->
<!-- Definition of Participate Usage Profile -->
<!-- ##### -->

<!-- Used in classification task -->
<element name="ParticipateUsageProfile" type="ctw:ParticipateUsageProfileType"/>

<complexType name="ParticipateUsageProfileType">
  <sequence>
    <element name="PersonalData" type="ctw:PersonalDataPUPTYPE"/>
    <element name="ExplicitUserPreferences" type="ctw:ExplicitUserPreferencesPUPTYPE"/>

    <element name="ImplicitUserPreferences" type="ctw:ImplicitUserPreferencesPUPTYPE"/>
    <element name="Context" type="ctw:ContextPUPTYPE"/>
    <element name="DeviceInformation" type="ctw:DeviceInformationPUPTYPE"/>
    <element name="Rating" type="ctw:RatingType"/>
  </sequence>
  <attribute name="programId" type="tva:CRIDType" use="required"/>
</complexType>

<complexType name="PersonalDataPUPTYPE">
  <sequence>
    <element name="Language" type="tva2:LanguageType"/>
    <element name="Age" type="mpeg7:unsigned8"/>
    <element name="Gender">
      <simpleType>
        <restriction base="NMToken">
          <enumeration value="Male"/>
          <enumeration value="Female"/>
        </restriction>
      </simpleType>
    </element>
    <element name="Occupation" type="string"/>
  </sequence>
</complexType>

<complexType name="ExplicitUserPreferencesPUPTYPE">
  <sequence>
    <element name="Genre">
      <complexType>
        <complexContent>
          <extension base="mpeg7:TermUseType">
            <attribute name="preferenceValue" type="mpeg7:preferenceValueType"
use="required"/>
          </extension>
        </complexContent>
      </complexType>
    </element>
    <element name="VisualCodingAspectRatio" type="mpeg7:nonNegativeReal"/>
    <element name="AudioCodingAudioChannels" type="nonNegativeInteger"/>
  </sequence>
</complexType>

<complexType name="ImplicitUserPreferencesPUPTYPE">
  <sequence>
    <element name="GenreWeight" type="decimal"/>
  </sequence>

```



```

</complexType>

<complexType name="ContextPUPType">
  <sequence>
    <element name="Region" type="mpeg7:regionCode"/>
    <element name="StereotypedClass" type="mpeg7:ControlledTermUseType"/>
    <element name="ViewTime">
      <simpleType>
        <restriction base="NMTOKEN">
          <enumeration value="morning"/>
          <enumeration value="afternoon"/>
          <enumeration value="night"/>
        </restriction>
      </simpleType>
    </element>
  </sequence>
</complexType>

<complexType name="DeviceInformationPUPType">
  <sequence>
    <element name="TerminalType" type="tva:TermNameType"/>
    <element name="DisplayInformation" type="ctw:DisplayInformationType"/>
    <element name="AudioInformation" type="ctw:AudioInformationType"/>
    <element name="StorageInformation" type="ctw:StorageInformationType"/>
  </sequence>
</complexType>

<complexType name="DisplayInformationType">
  <sequence>
    <element name="HorizontalResolution" type="integer"/>
    <element name="VerticalResolution" type="integer"/>
  </sequence>
</complexType>

<complexType name="AudioInformationType">
  <sequence>
    <element name="Power" type="float"/>
    <element name="NumOfChannels" type="nonNegativeInteger"/>
  </sequence>
</complexType>

<complexType name="StorageInformationType">
  <sequence>
    <element name="Size" type="float"/>
    <element name="Writable" type="boolean"/>
  </sequence>
</complexType>

</schema>

```

APÊNDICE B – ARFF do perfil de uso participativo

Este apêndice apresenta o cabeçalho do arquivo no formato ARFF (*Attribute-Relation File Format*) desenvolvido nesta dissertação conforme o *perfil de uso participativo* modelado.

```
% -----
% Set of Participative Usage Profile gathered from users to build the knowledge
model
% -----
%
% Number of Attributes: 19
%
%   - User Information
%   1.  Language
%   2.  Age
%   3.  Gender
%   4.  Occupation
%   - User Preferences
%   5.  Genre
%   6.  PreferenceValue
%   7.  VisualCodingAspectRatio
%   8.  AudioCodingAudioChannels
%   9.  GenreWeight
%   - User Location
%  10.  Region
%  11.  StereotypedClass
%   - User Time
%  12.  ViewTime
%   - Device
%  13.  TerminalType
%   - Display Information
%  14.  HorizontalResolution
%  15.  VerticalResolution
%   - Audio Information
%  16.  Power
%  17.  NumOfChannels
%   - Storage Information
%  18.  Size
%  19.  Writable
%
% Predicted attribute: Rating
```

%

%

@relation collaboraTVware.programIDx

@attribute language {PT, EN, ES, FR, IT, DE, JA, RU, ZH, SV}

@attribute age integer

@attribute gender {Male, Female}

@attribute occupation {housewife, administrator, lawyer, farmer, student, analyst_system, architect, artist, biologist, hairdresser, scientist, accounting, cook, dentist, economist, educator, domestic_employee, nurse, engineer, writer, physicist, geologist, journalist, judge, mathematical, doctor, military, musician, nutritionist, teacher, political, programmer, psychologist, chemical, sociologist, other}

@attribute genre {'Sports news', 'International news', 'Business news', 'Cultural news', 'Local news', 'Religion', 'Education', 'Arts', 'Humanities', 'Sciences', 'Human interest', 'Transport and Communications', 'Events', 'Sports', 'Soap opera', 'Romance', 'Action', 'Musical', 'Biography', 'Quiz', 'Comedy', 'Music', 'Interactive games', 'Do-it-yourself', 'Hobbies', 'Cars and Motoring', 'Personal health', 'Travel/Tourism', 'Adult'}

@attribute preferenceValue integer

@attribute visualCodingAspectRatio real

@attribute audioCodingAudioChannels integer

@attribute genreWeight real

@attribute region {BR-SP, BR-MG, BR-RJ, BR-SC, BR-AC, BR-AL, BR-AP, BR-AM, BR-BA, BR-CE, BR-DF, BR-GO, BR-ES, BR-MA, BR-MT, BR-MS, BR-PA, BR-PB, BR-PR, BR-PE, BR-PI, BR-RN, BR-RS, BR-RO, BR-RR, BR-SE, BR-TO}

@attribute stereotypedClass {'my home', 'station', 'stop', 'airport', 'work place', 'school', 'museum', 'library', 'bank', 'hospital', 'police', 'mountain', 'sea', 'lake', 'island', 'sky', 'hotel', 'restaurant', 'supermarket', 'park', 'resort', 'stadium', 'in transportation', 'on foot'}

@attribute viewTime {'morning', 'afternoon', 'night'}

@attribute terminalType {'PC', 'PDA', 'Set-Top Box', 'Mobile Phone', 'Game Platform', 'Home Server'}

@attribute horizontalResolution integer

@attribute verticalResolution integer

@attribute power integer

@attribute numOfChannels integer

@attribute size integer

@attribute writable {true, false}

@attribute rating {1, 2, 3, 4, 5}

@data