



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ –
IFCE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO – PROPG
MESTRADO PROFISSIONAL EM COMPUTAÇÃO APLICADA – MPCOMP

RAIMUNDO TARCISO DIAS COSTA JÚNIOR

**PLATAFORMA INTERATIVA DE SERVIÇOS PARA O USUÁRIO FINAL DE
REDES INTELIGENTES**

FORTALEZA - CEARÁ

2015

RAIMUNDO TARCISO DIAS COSTA JÚNIOR

PLATAFORMA INTERATIVA DE SERVIÇOS PARA O USUÁRIO FINAL DE REDES
INTELIGENTES

Dissertação apresentada a Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Computação Aplicada da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Computação.

Área de Concentração: Redes de Computadores.

Orientador: Prof. PD. DSc. Antonio Mauro Barbosa de Oliveira.

FORTALEZA - CEARÁ

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual do Ceará

Sistema de Bibliotecas

Dias Costa Júnior, Raimundo Tarciso .
Plataforma interativa de serviços para o usuário
final de redes inteligentes [recurso eletrônico] /
Raimundo Tarciso Dias Costa Júnior. - 2015.
1 CD-ROM: il.; 4 ¾ pol.

CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do
trabalho acadêmico com 108 folhas, acondicionado em
caixa de DVD Slim (19 x 14 cm x 7 mm).

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia,
Mestrado Profissional em Computação Aplicada,
Fortaleza, 2015.

Área de concentração: Redes de Computadores.
Orientação: Prof. Ph.D. Antonio Mauro Barbosa de
Oliveira.

1. TV digital. 2. Redes Inteligentes. 3. Medição
Inteligente. 4. Outros Serviços. 5. Usuário final. I.
Título.

Raimundo Tarciso Dias Costa Júnior

PLATAFORMA INTERATIVA DE SERVIÇOS PARA O USUÁRIO FINAL DE REDES INTELIGENTES

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Computação Aplicada da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestrado em Computação.

Defesa em: 07/07/2015

BANCA EXAMINADORA

Antonio Mauro
Antonio Mauro Barbosa de Oliveira, PD. DSc. (IFCE)
Presidente (Orientador)

Carlos Giovanni Nunes de Carvalho
Carlos Giovanni Nunes de Carvalho, DSc. (UESPI)
Membro Externo

Anilton Salles Garcia
Anilton Salles Garcia, DSc. (UFES)
Membro Interno

Marcos José Negrerios Gomes
Marcos José Negrerios Gomes, PD. DSc. (UECE)
Membro Interno

AGRADECIMENTOS

Ao “Mestre dos Mestres”, pela possibilidade de estar aqui e desfrutar da vida.

A todos de minha família, que direta ou indiretamente contribuíram e contribuem para a continuidade do meu caminhar.

Ao Professor Antônio Mauro Barbosa de Oliveira, meu prezado Orientador, pela paciência na definição e condução deste trabalho.

Ao Grupo ENEL, especialmente aos meus colegas que compõem as Empresas AMPLA, COELCE e CHILECTRA, pela possibilidade de participar desse curso.

A todos os professores, aqui representados pelo Professor Marcos Negreiros, aos quais as palavras me faltam para rotular o quão grande é a responsabilidade de nos transmitir o conhecimento.

Aos colegas de turma, pelo companheirismo e valiosas contribuições acadêmicas.

Ao MPCOMP, pela infraestrutura e profissionais dedicados.

"Mestre não é aquele quem sempre ensina, mas aquele que de repente aprende."

(Guimarães Rosa)

"Na vida existem muitos caminhos a serem trilhados, mas há apenas uma direção a ser seguida."

(Tarciso Costa)

RESUMO

Redes inteligentes podem ser uma solução para muitos problemas nas empresas distribuidoras de energia elétrica, especialmente para aqueles relacionados à gestão do lado da demanda, tais como redução de perdas relacionadas à fraude e furto de energia. Essas novas tecnologias visam a melhoria contínua e de eficiência no fornecimento de energia elétrica, além de também possibilitarem o fornecimento de outros serviços, a exemplo do acompanhamento de consumo e pagamento eletrônico da fatura de energia, aos seus usuários finais com a respectiva anuência do agente regulador, mediante regulamentação específica. No entanto, e apesar de suas vantagens, existem também desafios e preocupações para a disponibilização de redes inteligentes. Este trabalho consiste na proposta de uma plataforma interativa que visa disponibilizar serviços ao usuário final das Concessionárias de Distribuição de Energia. É sugerida a arquitetura lógica da camada de software, além de protótipo de set-top box, em seus aspectos de implementação de hardware e software. A plataforma está fundamentada nos conceitos de redes inteligentes e TV digital e cria um mecanismo que permite viabilizar um canal de comunicação entre a concessionária de energia elétrica e a residência do usuário final, através da TV digital e internet. Com a utilização das tecnologias que estão sendo desenvolvidas para redes inteligentes e a TV digital, a plataforma proposta serve para agregação de novos serviços fornecidos pela concessionária ao seu cliente.

Palavras-chave: TV digital. Redes Inteligentes. Medição Inteligente. Outros Serviços. Usuário final.

ABSTRACT

Smart grids can be a solution for many problems in power distribution companies, especially those related to the management from the demand, such as reducing losses by fraud and theft of electricity. This technology can also be used to provide other services to their end users, their agreement with the regulator through specific regulations. However, and despite its advantages, there are also challenges and concerns for the provision of smart grids. This dissertation presents and structure a platform that aims to provide services to the end user of Power Distribution Dealers. It is suggested the logical architecture of the software layer, and prototype of set-top box in its hardware and software implementation aspects. This platform is based on the concepts of smart grids and digital TV and creates a mechanism that provides a channel of communication between the electric utility and the residence of the end user, through digital TV and internet. With the use of technologies that are being developed for smart grids and digital TV, it is expected that this platform serves as substrate for the addition of new services provided by the concessionaire to its customer.

Keywords: Digital TV. Smart Grids. Smart Meter. Other Services. Final User.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Capacidade instalada das fontes de geração de energia elétrica no Brasil.....	1
Figura 2 - Modelo conceitual de redes inteligentes	10
Figura 3 - Rede inteligente em camadas.....	11
Figura 4 - Medidor inteligente de energia elétrica E34A (Landis+Gyr)	15
Figura 5 - Proposta de estruturação de rede de comunicação para uma aplicação AMI.....	16
Figura 6 - Padrões de comunicação em uma arquitetura genérica de redes inteligentes	18
Figura 7 - Principais projetos pilotos ou experimentais no Brasil	19
Figura 8 - Principais motivadores para implantar redes elétricas inteligentes.....	20
Figura 9 - Medição eletrônica, Resolução ANEEL 502/2012.....	25
Figura 10 - Geração distribuída, Resolução Normativa 482/2012.....	26
Figura 11 - Sistema de compensação de energia	27
Figura 12 - Arquitetura de TV digital com tecnologias usadas em cada camada	30
Figura 13 - Arquitetura de um sistema de TV digital terrestre interativa.....	32
Figura 14 - Diagrama simplificado do canal de interatividade	39
Figura 15 - Componentes de um sistema de TV digital interativa (TVDI).....	40
Figura 16 - Modelo computacional de um receptor de TV digital (set-top box)	41
Figura 17 - Arquitetura em camadas de um set-top box	43
Figura 18 - Estrutura funcional do piloto de medição inteligente da Chilectra	49
Figura 19 - Tela de acesso ao sistema	51
Figura 20 - Disponibilização do gasto estimado de energia	52
Figura 21 - Diagrama de blocos da plataforma de interatividade serviços aos usuários finais de redes inteligentes.	56
Figura 28 - Arquitetura lógica	62
Figura 29 - Diagrama de atividade do fornecimento de informações de interesse do usuário final	63
Figura 30 - Diagrama de atividade da solicitação de 2 ^a via de fatura mensal de energia do usuário final	64

Figura 31 - Diagrama de atividade da emissão de relatório gráfico de consumo de energia	64
Figura 32 - Placas de periféricos e de processamento	68
Figura 33 - Tela principal “Central Multimidea”.....	76
Figura 34 - Esboço da tela de vídeos da interface	77
Figura 35 - Infográfico de funcionamento da camada de gestão.....	82
Figura 36 - Infográfico de funcionamento dos servidores.....	83
Figura 37 - Estrutura de diretórios da aplicação web	84
Figura 38 - Estrutura de tabelas do Banco de Dados.....	85

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	3
1.3	OBJETIVOS	4
1.4	METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE AÇÃO.....	5
1.5	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	6
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	7
2.1	REDES INTELIGENTES (SMART GRIDS)	7
2.1.1	Aspectos conceituais.....	8
2.1.2	Modelo conceitual	9
2.1.3	Rede inteligente em camadas	11
2.1.4	Medidor inteligente.....	12
2.1.4.1	Especificações de um medidor inteligente	15
2.1.5	Protocolos e padrões de comunicação.....	15
2.1.6	Redes inteligentes no Brasil e em outros países	18
2.1.7	Cenário institucional e regulamentar no Brasil.....	21
2.1.8	Regulamentação.....	22
2.1.8.1	<i>Power Line Communications – PLC</i>	23
2.1.8.2	Tarifa Branca	23
2.1.8.3	Medição Eletrônica	24
2.1.8.4	Geração Distribuída.....	26
2.1.8.5	Pagamento Eletrônico	28
2.2	A TV DIGITAL BRASILEIRA.....	28
2.2.1	Arquitetura da TV digital	29
2.2.2	TV digital interativa	34
2.2.2.1	Interatividade	34
2.2.2.2	A TV interativa	35

2.2.2.3	Tipos de serviços para TV digital interativa	37
2.2.2.4	Aplicações interativas	38
2.2.2.5	O canal de interatividade	38
2.2.2.6	Componentes da TV digital interativa	40
2.2.3	Set-top boxes	40
2.2.3.1	Funcionamento	41
2.2.3.2	Arquitetura de <i>hardware</i>	42
2.2.3.3	Arquitetura de <i>software</i> do <i>Set-top box</i> (STB)	42
3	TRABALHOS RELACIONADOS	45
3.1	CIDADE INTELIGENTE DE BUZIOS	45
3.2	PROJETO PILOTO DE MEDIÇÃO INTELIGENTE	47
3.2.1	Visão geral da tecnologia de medidores inteligentes utilizada	48
3.2.2	Principais resultados obtidos	49
4	PLATAFORMA INTERATIVA DE SERVIÇOS AO USUÁRIO FINAL DE REDES INTELIGENTES	54
4.1	DIAGRAMA DE BLOCOS	55
4.2	CENÁRIO DE APLICAÇÃO	56
4.3	FUNCIONAMENTO DA PLATAFORMA	57
4.4	ARQUITETURA DA INTERFACE AO USUÁRIO FINAL	60
4.5	ESPECIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS	62
5	ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA PLATAFORMA	65
5.1	PROTOTIPAGEM DO <i>HARDWARE</i>	66
5.1.1	Sintonizador de TV digital	66
5.1.2	Hub USB	67
5.1.3	Fontes de alimentação	67
5.1.4	Placa de periféricos	67
5.1.5	Placa de processamento	68
5.2	<i>SOFTWARE</i>	69
5.2.1	Camada gráfica	69

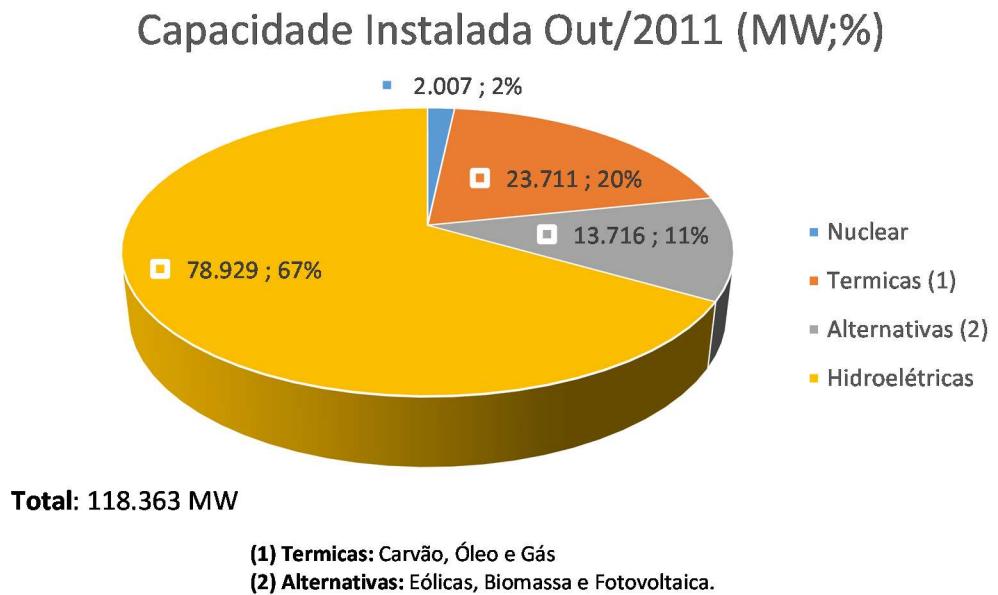
5.2.1.1	<i>Design</i> de interface para a TV	69
5.2.1.2	Interação com o usuário e usabilidade	71
5.2.1.3	Pesquisa de interfaces	72
5.2.1.4	Requisitos para a Interface do set-top box	73
5.2.1.5	XBMC <i>Media center</i>	74
5.2.1.6	Interface gráfica do Projeto METAL.....	75
5.2.2	Firmware	77
5.2.2.1	Especificações e componentes	78
5.2.2.2	Aplicações	79
5.2.3	Sistema de gerenciamento via web	79
5.2.3.1	Visão geral e objetivos	79
5.2.3.2	Contexto <i>web</i>	80
5.2.3.3	Funcionamento.....	81
5.2.3.4	Tecnologias utilizadas	82
5.2.3.5	Estrutura	84
6	CONCLUSÃO	86
	REFERÊNCIAS	89

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O sistema elétrico brasileiro tem capacidade instalada em sua matriz energética da ordem de 118,4 mil megawatts¹, Figura 1. Ao longo de 10 anos, sua potência instalada cresceu 58,3%².

Figura 1 - Capacidade instalada das fontes de geração de energia elétrica no Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor com dados disponíveis no sítio do ONS (Operador Nacional do Sistema): www.ons.org.br.

Como se percebe, há um crescimento significativo do Sistema Interligado Nacional (SIN), o que certamente traz a necessidade de uma coordenação sistêmica de qualidade visando assegurar que a energia gerada pelos 2.475 empreendimentos em operação chegue ao consumidor com segurança e qualidade, além de garantir o suprimento de forma contínua.

¹ Fonte: Dado disponível no sítio do ONS (Operador Nacional do Sistema): www.ons.org.br.

² Fonte: Obtido com dados disponíveis no sítio do ONS (Operador Nacional do Sistema): www.ons.org.br.

Esse crescimento atende a uma necessidade a qual se soma à tendência de preservar e otimizar o uso dos recursos não renováveis, de fomentar o uso dos recursos renováveis como alternativa para a preservação e de padronizar os sistemas elétricos para garantir interoperabilidade entre seus atores e tecnologias.

É fato que sistemas de energia elétrica estão sofrendo um intenso crescimento e grandes transformações em seus mecanismos de operação e gestão. O contexto destas transformações exige atualizações tecnológicas que visam a modernização da gestão e operação dos sistemas de geração, transmissão, distribuição e uso final da energia elétrica.

Esse contexto tem gerado diferentes alianças, grupos de trabalhos, *roadmaps* e regulamentações que unem esforços para definir e especificar a próxima geração dos sistemas elétricos: um sistema que forneça intelligentemente confiabilidade, flexibilidade, interoperabilidade e segurança na geração, transmissão e distribuição de energia, ou seja, as redes inteligentes (*smart grids*). As redes inteligentes são a chave para a evolução do sistema elétrico de energia. No entanto, e apesar de suas vantagens, existem também desafios e preocupações, (LIMA, 2012).

Em essência uma rede inteligente é um sistema integral que poderá propiciar continuamente uma grande quantidade de informações dela mesma. Ela pode capturar, transmitir e disponibilizar os dados medidos para que isso possibilite decidir como se comportar ou mesmo como reagir instantaneamente frente a determinada situação ou falha (LOPES *et al.*, 2012).

Como o sistema elétrico brasileiro é um sistema de extensa cobertura, a complexidade aumenta e traz questões que vão desde as fontes de geração de energia até os consumidores, passando pelos sistemas de transmissão, subestações, sistemas de distribuição, chegando, por fim, aos usuários finais - os consumidores. Desafios como a geração de energia usando fontes renováveis e distribuídas, o aumento da eficiência (tanto por parte do Concessionário quanto por seus usuários), da confiabilidade e da segurança da rede de energia têm sido enfrentados continuamente. A coleta remota de informações em tempo real na rede é essencial para garantir a proatividade e permitir um diagnóstico confiável sobre falhas no sistema elétrico (LOPES *et al.*, 2012), evitando, assim, problemas como

grandes apagões, que podem gerar um prejuízo na ordem de milhões de reais para a sociedade brasileira.

Um dos principais componentes das redes inteligentes é o medidor inteligente (*smart meterring*). A medição inteligente ajuda a coordenar a geração de energia e o consumo de energia de modo mais eficiente. Para tanto, o medidor precisa estar interligado à internet e ter capacidade de processamento e memória necessários à execução das tarefas.

No contexto das redes inteligentes, é importante mencionar que através do Instituto ABRADEE de Energia (iABRADEE - Instituto da Associação Brasileira dos Distribuidores de Energia Elétrica) e pela APTEL (Associação de Empresas Proprietárias de Infra-estrutura e de Sistemas Privativos de Telecomunicações), consoante às discussões nacionais e internacionais, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) promoveu o desenvolvimento do Projeto Estratégico de P&D: Programa Brasileiro de Rede Elétrica Inteligente, por meio da Chamada pública nº 11/2010. Aproveitando essa chamada pública as concessionárias de energia elétrica estão desenvolvendo novos equipamentos e sistemas, por meio de seus programas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, em conjunto com centros de pesquisas e universidades.

As novas tecnologias visam a melhoria contínua e de eficiência no fornecimento de energia elétrica, além de também possibilitarem o fornecimento de outros serviços. Estes poderão ser providos pela infra-estrutura que está sendo disponibilizada através das tecnologias empregadas nas redes elétricas inteligentes em consórcio com outras tecnologias convergentes.

1.2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

A adoção das redes inteligentes pode ser uma solução para muitos problemas nas empresas distribuidoras de energia elétrica, especialmente para aqueles relacionados à gestão do lado da demanda, especialmente os conexos com a redução de perdas relacionadas à fraude e furto de energia. Além de propiciar estes benefícios, as concessionárias poderão disponibilizar novos serviços aos seus consumidores.

Este trabalho consiste de uma proposta de utilização de *set-top box* (TV digital), tendo em vista a sua capacidade de propiciar interatividade via internet, e da infra-estrutura de comunicação das redes inteligentes para prover aos usuários finais, por exemplo, os seguintes serviços:

- Gestão eficiente do consumo de energia (redução de perdas não técnicas e qualidade do fornecimento);
- Solicitação de manutenção da rede elétrica;
- Comparativo de consumo com o seu entorno;
- Informes de desligamento programado; e
- Atenção especial aos consumidores (nos casos em que existam pessoas usuárias de equipamentos de autonomia limitada, vitais à preservação da vida humana e dependentes de energia elétrica).

Propõe-se neste trabalho, então, um novo meio de interação e serviços entre o usuário final de energia (consumidor) e o seu fornecedor (as distribuidoras), através da arquitetura de uma plataforma interativa de serviços ao usuário final das redes inteligentes.

É importante destacar que caberá à Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL o aperfeiçoamento da regulação, visando complementar ou adequar a referenciada regulamentação para que a mesma possa dar suporte às evoluções tecnológicas enfrentados pelo setor elétrico brasileiro.

Por fim, é importante destacar que os resultados experimentais obtidos, no projeto ora apresentado, são resultantes de parceria entre a empresa cearense CRAFF Tecnologias³ e a COELCE (Companhia Energética do Ceará).

1.3 OBJETIVOS

Geral:

Propor uma arquitetura para uma plataforma interativa de comunicação Concessionária/Usuário e de serviços ao usuário final das redes inteligentes, utilizando *set-top box* (TV digital do Brasil) como interface com esses usuários.

³ CRAFF Tecnologia é uma empresa cearense que tem foco em inovações tecnológicas.

Específicos:

- Demonstrar que a estrutura de telecomunicações disponibilizada pelas redes inteligentes e medidor inteligente pode viabilizar a implementação de mais um canal de interação e serviços entre a concessionária e o usuário final.
- Desenvolver um canal de comunicação (*hardware* e *software*) interativo entre a concessionária e o usuário final das redes inteligentes usando a TV digital (*set-top box*) e a Internet.
- Mostrar que o novo canal de comunicação pode oportunizar novos serviços ao usuário final das concessionárias de energia elétrica, a partir do uso de redes inteligentes.
- Expor o contexto regulatório quanto à perspectiva de implantação deste novo canal de interação e serviços.

1.4 METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE AÇÃO

A natureza desta dissertação tem como característica a geração de conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos.

A metodologia a ser utilizada foi estruturada da seguinte forma:

- Análise e avaliação das tecnologias envolvidas nas redes elétricas inteligentes (telecomunicações, controle, automação), principalmente as relacionadas diretamente ao usuário final das distribuidoras de energia elétrica.
- Avaliar a regulamentação do setor elétrico brasileiro com vistas à implantação de redes elétricas inteligentes, principalmente com relação à medição inteligente (smart metering) em consumidores de baixa tensão.
- Verificação da viabilidade técnica de implementação de mecanismo de comunicação entre concessionárias e clientes baseada na TV Digital.
- Especificação de arquitetura de uma plataforma interativa de serviços ao usuário final das distribuidoras de energia elétrica, a qual propõe a utilização de set-top box como interface aos usuários finais das redes inteligentes.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação é constituída de seis capítulos, este que faz a introdução da dissertação, o capítulo 2 que expõe o referencial teórico (redes Inteligentes e da TV Digital do Brasil), o capítulo 3 que mostra as etapas de implementação de um projeto piloto de medição inteligente, o capítulo 4 que detalha a arquitetura de uma plataforma interativa de serviços ao usuário final de redes inteligentes, o capítulo 5 apresenta aspectos de implementação da interface com o usuário final das redes inteligentes e o capítulo 6 conclui esta dissertação e discute trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 REDES INTELIGENTES (SMART GRIDS)

O termo *smart grid*, que neste trabalho é tratado como “rede inteligente”, foi usado pela primeira vez em 2005 em um artigo escrito por S. Massoud Amin e Bruce F. Wollenberg, publicado na revista IEEE P&E, com o título: de "Toward a Smart Grid" (BRASIL, 2010).

Definir rede inteligente vai além do uso de conceitos baseado em uma tecnologia e/ou equipamento específico. Na verdade, o conceito de rede inteligente baseia-se na utilização intensiva de tecnologia de automação, computação e comunicação para monitoramento e controle das redes elétricas, permitindo a implantação de estratégias de controle e otimização da rede de forma mais eficiente do que as atuais em uso (FALCÃO, 2010).

Desta forma, várias são as tecnologias e subáreas que podem ser integradas às redes inteligentes. Tais tecnologias se apresentam como oportunidade para criar um novo negócio de energia. Todos os *stakeholders* estarão envolvidos e organizados para construir ou modernizar a rede de energia quanto aos aspectos de qualidade, disponibilidade, interoperabilidade, confiabilidade e sustentabilidade, entre outros (LIMA, 2012). Atualmente estão ocorrendo ajustes no âmbito da legislação e da regulamentação, que deverão garantir o novo modelo de negócio e proteger o bem público.

Existe a clara possibilidade de ofertar serviços e produtos para atendimento e ampliação do espaço de atuação das concessionárias brasileiras de distribuição de energia elétrica, que é uma transformação necessária para seu reconhecimento como provedoras de soluções integradas (COSTA *et al.*, 2013a). Espera-se que a rede inteligente, como um sistema avançado, aumente a produtividade com consequente repercussão no uso da eletricidade, e ao mesmo tempo, crie a espinha dorsal para a aplicação de novas tecnologias e serviços.

Atualmente existe um esforço conjunto para viabilização da implementação de redes inteligentes. Neste contexto, as empresas do grupo italiano ENEL estão desenvolvendo *Smart Cities* na Espanha (Málaga e Barcelona), Itália (Genova e Bari) e no Brasil a cidade inteligente de Búzios-RJ.

A adoção de novas tecnologias através da utilização de redes inteligentes permitirá o uso de dispositivos inovadores para gestão e eficiência energética, não só por parte das concessionárias da energia, mas também pelo próprio consumidor, usuário final. Assim sendo, com a utilização das redes inteligentes, as concessionárias de energia poderão disponibilizar novos serviços aos seus consumidores, através de um novo canal expresso de comunicação, que poderá ter como interface um *set-top box*. Evidentemente, tudo com a respectiva permissão do agente regulador.

2.1.1 Aspectos conceituais

De modo geral, a caracterização das redes inteligentes de energia encontra-se alavancada por elementos eletrônicos de monitoramento e controle diretamente relacionados às redes elétricas. Isto possibilita uma constante troca de informações entre usuários finais e seus fornecedores de forma autônoma. No caso específico deste trabalho, nos deteremos nos conceitos que possam ser atribuídos à distribuição de energia a usuários finais com de tensão de fornecimento de 220/380V.

Alguns atributos podem ser conferidos a essas redes, conforme definição apresentada por Cunha (2011, p. 24). Entre os quais, destacam-se:

- O seu caráter inteligente, por sua capacidade de antecipar sobrecargas e contingências e encontrar autonomamente uma forma de redirecionar o fluxo de potência;
- Eficiência, por atender aumentos de demanda sem adição de ativos;
- Flexibilidade, ao prover a conexão de qualquer tipo de fonte de geração ou componente de armazenagem;
- Caráter motivador, pela possibilidade de sinalização instantânea de preços aos consumidores; e
- De menor impacto ambiental.

A introdução de sensores e controles automatizados torna a rede capaz de antecipar, detectar e resolver problemas no sistema. Caso ocorram interrupções, por exemplo, o monitoramento das informações em tempo real possibilita o

isolamento das áreas afetadas e o respectivo redirecionamento do fluxo de energia, de forma a possibilitar o atendimento ininterrupto ao maior número possível de usuários finais. Dependendo do nível de inteligência atribuída à rede, o restabelecimento da energia pode ocorrer, inclusive, de forma autônoma.

Uma outra prerrogativa para tais redes é que passa a ser possível a alocação de geração distribuída à rede, como a eólica e a fotovoltaica, dentre outras. Neste caso, os consumidores poderão não apenas comprar energia, mas também vender o excedente produzido. De forma semelhante, os concessionários poderão ter uma gestão da energia que está sendo injetada, através de geração distribuída, na sua rede de distribuição.

A relação entre fornecedores e clientes será inteiramente transformada, devido à maior gama de informações que a rede inteligente disponibiliza instantaneamente ao distribuidor de energia e, como proposta deste trabalho, ao usuário final das redes inteligentes utilizando-se do medidor inteligente e das tecnologias disponíveis na TV digital.

Os usuários finais poderão passar, assim, a ter um papel mais proativo sobre o serviço, podendo acompanhar o gerenciamento da rede. Isso permite um maior controle do consumidor sobre o seu próprio consumo, o que pode levá-lo, caso este observe o incentivo tarifário já vigente no Brasil, a evitar o consumo nos horários de pico. Como consequência direta da melhor gestão da energia é possível haver menores investimentos para evitar a sobrecarga do sistema.

2.1.2 Modelo conceitual

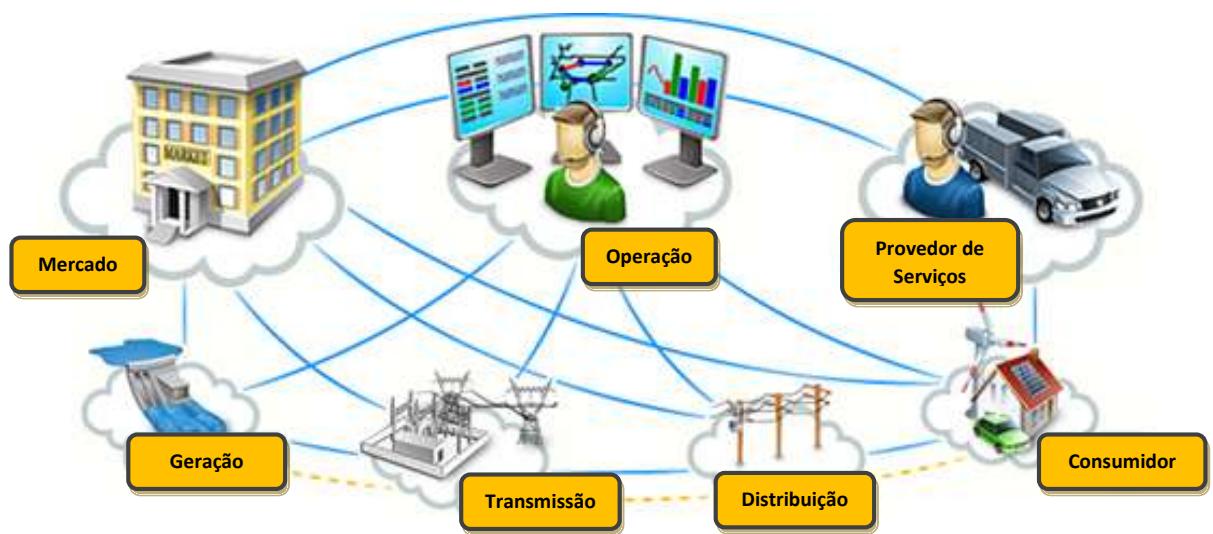
Na Figura 2 é apresentado o modelo conceitual com todos os domínios definidos para a implantação de uma rede inteligente (MANDELMAN, 2011), quais sejam:

- A **geração** que pode armazenar energia para posterior utilização;
- A **transmissão** que conecta a geração com os centros de distribuição;
- A **distribuição** que conecta os medidores inteligentes e outros dispositivos inteligentes aos consumidores e ao resto da rede;
- Os **consumidores**, usuários finais, que possuem medidor inteligente. A medição inteligente terá informações sobre o fluxo de energia que está

sendo utilizado, permitindo ao usuário o controle do consumo e o valor da energia, que varia durante o dia. Com essa informação, pode haver um planejamento de utilização dos aparelhos em um determinado horário;

- A **operação** gerencia e controla todo o fluxo de energia elétrica, que usa uma rede de comunicação *full duplex* entre as subestações, as redes de consumo e outros dispositivos inteligentes para o processo de tomada de decisão dos controladores de redes e nos processos de auto-detecção e auto recuperação;
- O **mercado** coordena as empresas distribuidoras de energia e a troca de energia entre o consumidor final e as suas subestações, podendo haver uma devolução da energia adquirida através de painéis solares ou aero geradores, por exemplo, sendo descontado da conta a ser paga;
- O **provedor** de serviço controla todas as operações de serviços terceirizados, como um portal de gerenciamento de energia, onde o consumidor terá acesso às informações relativas ao consumo de energia via web.

Figura 2 - Modelo conceitual de redes inteligentes



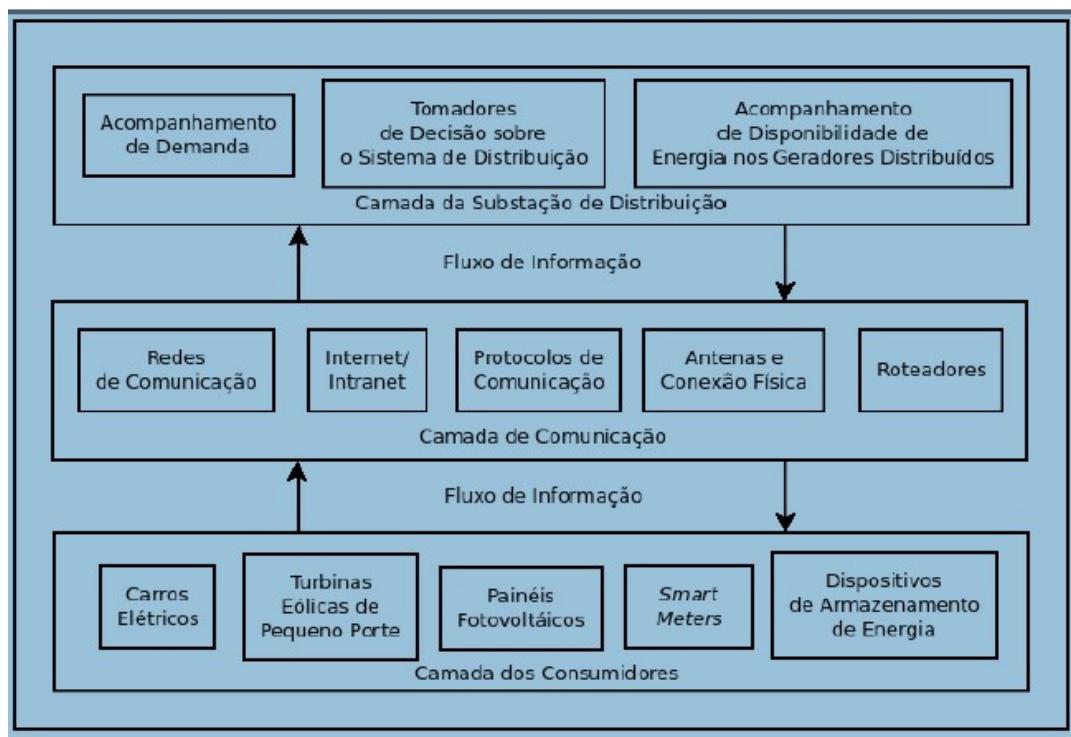
Fonte: Adaptado do sítio <http://smartgrid.ieee.org/ieee-smart-grid/smart-grid-conceptual-model>

O conjunto de funcionalidades apresentados no modelo conceitual propicia o desenvolvimento de sistemas elétricos altamente automatizados com um elevado grau de auto recuperação, tornando tais sistemas altamente eficientes.

2.1.3 Rede inteligente em camadas.

A Figura 3, apresenta uma rede inteligente dividida em camadas: camada do consumidor, camada de comunicação e camada da subestação (SARAIVA, 2012).

Figura 3 - Rede inteligente em camadas



Fonte: Saraiva (2012).

Observa-se que a informação flui nos dois sentidos entre a camada do consumidor e a camada da subestação, via camada de comunicação.

Cada camada tem equipamentos e tecnologias próprias. Em especial, há camada em que faz parte o consumidor onde existem diversos equipamentos de uma rede inteligente. Depreende-se que todos os equipamentos envolvidos se

utilizam da rede para finalidades tais como: consumo, geração, fornecimento de energia ao sistema de distribuição e/ou comunicação entre os componentes.

2.1.4 Medidor inteligente

No universo de medidores eletrônicos existe uma categoria que incorpora funções de aquisição, análise e comunicação de dados. A esse conjunto de medidores atribui-se a *designação* de medidores inteligentes (*smart meters*).

Cabe observar que esse tipo de medição não se trata apenas dos medidores instalados nas residências, indústrias e comércio. Toda a medição envolvida, desde a geração até o consumidor final, faz parte dessa categoria. O controle de perdas, planejamento e operação da rede estão diretamente ligados a essa tecnologia.

Observa-se que um medidor inteligente deve ter as seguintes capacidades (CAIRES, 2012) e (LAMIN, 2009):

- O registro em tempo real do uso da eletricidade e possível geração local (por exemplo, no caso de células solares);
- Oferecer a capacidade de leitura local e remota (sob demanda), tornando desnecessário o deslocamento físico de um funcionário da concessionária até a unidade consumidora;
- Limitar a energia que passa pelo medidor (em casos extremos cortar a eletricidade do consumidor), permitindo a atuação, de forma rápida e sem necessidade de deslocamento, em unidades consumidoras que possuem clientes inadimplentes;
- Interconexão com redes e dispositivos (por exemplo, geração distribuída);
- Capacidade de se integrar com outros medidores de outras redes (por exemplo, gás, água).

As concessionárias de energia estão realizando investimentos na tecnologia AMI (*Advanced Metering Infrastructure*), que permite uma comunicação bidirecional com o sistema de medidores e fornece um conjunto maior de informações e serviços para o consumidor, como é o caso da cidade inteligente de

Búzios (AMPLA, 2014). Essa tecnologia atende tanto a oferta quanto a demanda de energia.

Com a utilização da tecnologia AMI o contato com o consumidor, em uma relação bidirecional, pode fornecer imediatamente um maior retorno sobre os investimentos, facilitando a prestação de serviços diferenciados e a integração do cliente com o sistema elétrico, fornecendo dados individuais de cada cliente, caracterizando-os como uma função de vários parâmetros.

Segundo Cunha (2011) a importância da AMI (*Advanced Metering Infrastructure*) se traduz como uma unidade terminal remota no cliente e necessariamente é composta, no mínimo, pelos seguintes componentes:

- Elemento de medição de energia elétrica (opcionalmente em quatro quadrantes, isto é, energia ativa e reativa em qualquer sentido, além de demanda ou incorporação de medição do consumo de gás natural);
- Disjuntor para seccionamento e religamento remoto;
- Microprocessamento e memória local de dados;
- Módulo de comunicação bidirecional;
- Interface de visualização ao usuário (IHM) **com eventual conexão a eletrodomésticos inteligentes.**

Uma outra função do medidor eletrônico é o alarme de pouca energia disponível (LAMIN, 2009), que se utiliza na modalidade de pré-pagamento, sendo que permite ao consumidor o planejamento necessário para o suprimento de sua unidade consumidora, com antecedência necessária para que sejam adquiridos novos créditos de energia. No contexto deste trabalho, o referenciado alarme de pré-pagamento poderá ser direcionado ao receptor de televisão da respectiva unidade de consumo.

A adoção das redes inteligentes eliminaria a necessidade de leitura *in loco* de medidores, o que viria a contribuir para a redução dos custos com leitura. Além disso, a adoção da medição eletrônica ocasionaria redução das despesas com corte e religação, haja vista a possibilidade de essas operações serem realizadas remotamente e com maior precisão. Os ganhos obtidos com as reduções de despesas operacionais deverão ser repassados aos consumidores, através de tarifa.

Além dos benefícios já citados, a utilização de medidores inteligentes ocasionará novas possibilidades, dentre elas:

- O monitoramento da qualidade da energia (controle de interrupções e nível de tensão), o que permitirá ao regulador e ao consumidor verificar de forma mais eficiente o atendimento aos requisitos de qualidade;
- A adoção de novas modalidades de tarifação (tarifa branca, fornecimento de energia na modalidade de pré-pagamento, etc.);
- A utilização de telemetria e atuação remota – por exemplo, para corte e religação;
- A detecção de falhas e o restabelecimento do abastecimento de maneira mais eficiente;
- A prestação de novos serviços pelas distribuidoras, dadas as novas funcionalidades dos medidores (o que dependeria de mudanças na legislação, considerando-se as restrições hoje existentes para que as distribuidoras prestem serviços estranhos à concessão);
- O acesso a informações mais precisas e confiáveis por parte dos consumidores e das concessionárias, o que propiciará um maior equilíbrio entre os agentes e redução da assimetria de informações.

Essas novas funcionalidades disponibilizarão mais informações, possibilitando uma melhoria do conhecimento sobre o consumo e, possivelmente, dos valores das tarifas praticadas, o que poderá propiciar a alteração do comportamento dos consumidores e contribuir para o aumento de eficiência energética, bem como a redução do risco de falhas na rede.

Em alguns casos, as redes inteligentes permitirão o acompanhamento em tempo real do consumo de energia, podendo influir no comportamento do consumidor no uso de determinados eletrodomésticos e equipamentos eletrônicos. Isso será possível mediante a adoção de tarifas diferenciadas (Tarifa Branca) aos consumidores de baixa tensão. Com isso, haveria um aumento da participação dos consumidores na gestão do setor de energia como um todo.

2.1.4.1 Especificações de um medidor inteligente

O medidor E34A Landis+Gyr, Figura 4, deverá ser utilizado em projeto piloto a ser desenvolvido na COELCE; o mesmo já está em uso na empresa AMPLA.

Figura 4 - Medidor inteligente de energia elétrica E34A (Landis+Gyr)



Fonte: Disponível no sítio internet <http://www.landisgyr.com.br/product/e34a/>.

Tal medidor eletrônico é polifásico bidirecional, multi-função, com funcionalidades que auxiliam na identificação de irregularidades na instalação, combate a perdas comerciais, recuperação de receita da concessionária. Com versões para aplicação de medição a 2 elementos, 3 fios; ou 3 elementos, 4 fios; o Medidor E34A pode contar com interfaces de comunicação que viabilizam a troca de dados remotamente, consequentemente, uma melhoria nas operações da concessionária e informações ao consumidor de energia. Conformidade as normas IECs 62052-11, 62053-21, 62053-23; NBRs 14519, 14520, 14522 e RTM.

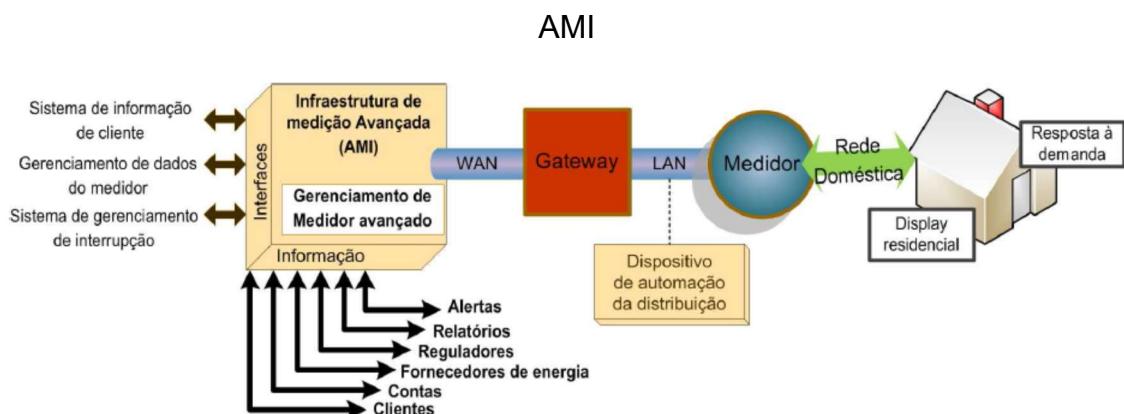
2.1.5 Protocolos e padrões de comunicação

Dada a variedade de aplicações e de requisitos envolvidos nas redes inteligentes, as alternativas tecnológicas devem ser avaliadas com atenção, devido aos diversos perfis das redes elétricas existentes, como as redes metropolitanas e rurais com, respectivamente, alta e baixa densidade populacional, áreas com restrições de passagem de cabos ou de barreiras regulatórias de espectro (no caso de utilização de redes sem fio).

Soluções baseadas em rádio frequência (RF) são mais indicadas para áreas urbanas de alta densidade, enquanto soluções com PLC (*Power Line Communication*) faixa estreita, são direcionadas para áreas suburbanas e territórios rurais com baixa densidade de unidades consumidoras, possibilitando longo alcance além de instalação simplificada. Destaca-se que na ocorrência de certos problemas na rede (p. ex., interrupção de cabo de distribuição), o sistema de comunicação ficará inativo se implementado com PLC. Entretanto, a seleção final deverá levar em conta as especificidades de cada projeto. Atualmente, soluções híbridas (combinação de RF e PLC) têm sido apresentadas para atender à grande diversidade de perfis de rede.

Um exemplo ilustrativo do problema de comunicação no contexto das redes inteligentes é o caso da rede de comunicação necessária para a estratégia de monitoração AMI. Um modelo genérico de rede de comunicação para a AMI visando atender à demanda de comunicação de dados das concessionárias de energia, no setor de medição é proposto e ilustrado na Figura 5 (VIEIRA; GRANADO, 2011). No modelo proposto, requisitos de tolerância a falhas, latência, largura de banda, alcance e custo são sugeridos de acordo as tecnologias de comunicação.

Figura 5 - Proposta de estruturação de rede de comunicação para uma aplicação



Fonte: Vieira; Granado (2011).

Para atender o subsistema WAN (rede de longa distância), diversas tecnologias de comunicação podem ser utilizadas para desempenhar a função de *backhaul*, isto é, interligar os *gateways* (coletores) ao *backbone* das operadoras de telecomunicações, como fibra ótica, WiMAX, 4G, GPRS, dentre outras.

No que tange ao núcleo da AMI, na rede local, onde é realizada a comunicação *full duplex* diretamente com os medidores inteligentes (IEDs), é proposta a utilização de tecnologias em rádio frequência (RF) e PLC (*Power Line Communication*), utilizando uma topologia de rede baseada em estrela.

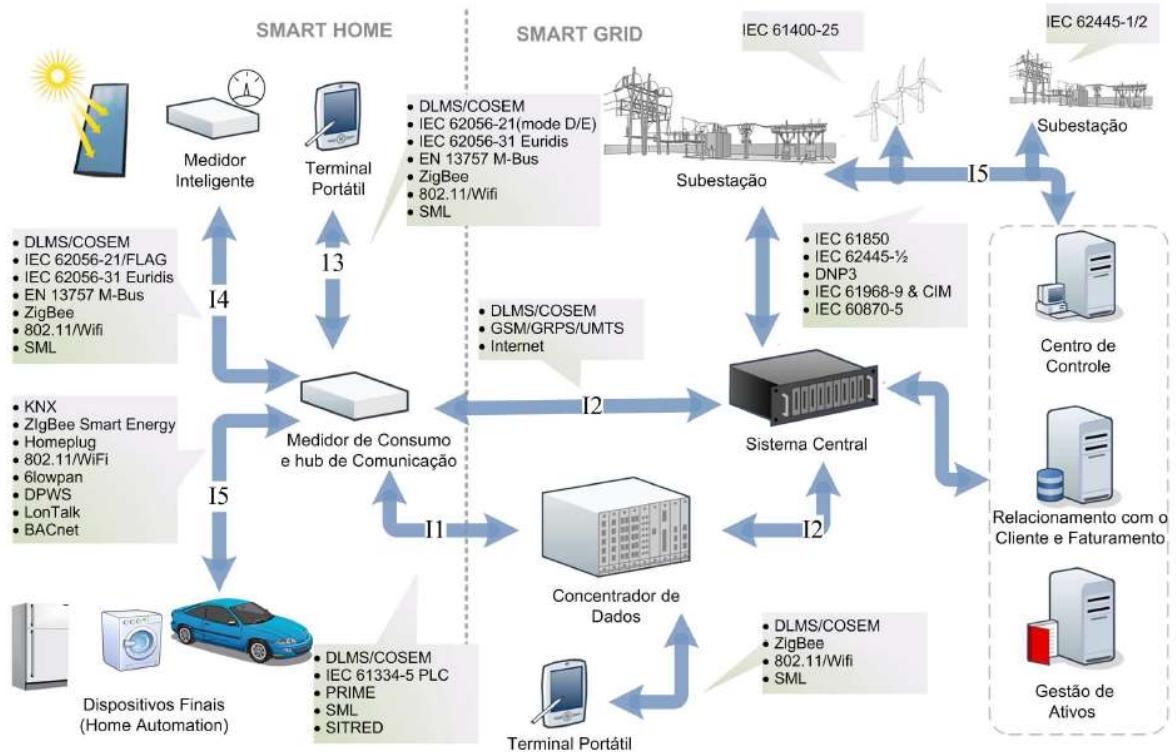
A rede inteligente, observando o contexto das comunicações, deverá estar apoiada num conjunto heterogêneo de tecnologias de rede, possivelmente em domínios diferentes, na medida em que as soluções tecnológicas atuais não atendem completamente aos requisitos da rede inteligente.

Considerando o acima mencionado, existem diversas propostas para padrões e protocolos de comunicação, como, por exemplo, a norma IEC 61850. A título de exemplo da necessidade de padronização na área, um dos principais entraves para a implantação da estratégia AMI é a existência de padrões distintos de comunicação (GUNGOR *et al.*, 2011), ou seja, diferentes semânticas de dados para troca de informações entre as entidades do sistema, uma vez que é necessário considerar, dentre outras coisas, a convergência de diversas aplicações.

Observa-se que a adoção de padrões de interoperabilidade é um pré-requisito imprescindível para tornar a rede inteligente uma realidade. Existem várias vertentes trabalhando no sentido da padronização da comunicação, para as redes inteligentes, focados, principalmente, nas funcionalidades de medição inteligente e nas interfaces de comunicação para o setor elétrico (GUNGOR *et al.*, 2011).

A Figura 6 (CRAEMER; DECONINCK, 2010) ilustra a aplicação dos padrões de comunicação numa arquitetura genérica para redes inteligentes.

Figura 6 - Padrões de comunicação em uma arquitetura genérica de redes inteligentes



Fonte: Craemer; Deconinck (2010).

2.1.6 Redes inteligentes no Brasil e em outros países

As concessionárias de energia, através de seus programas de pesquisa e desenvolvimento, também estão contribuindo para o desenvolvimento das redes inteligentes no País através dos seus projetos-pilotos em curso nas diversas regiões do Brasil, Figura 7. Os projetos, em suma, visam testar as tecnologias relacionadas ao conceito “Redes Inteligentes”, avaliando os benefícios proporcionados e a viabilidade de aplicação em larga escala.

Figura 7 - Principais projetos pilotos ou experimentais no Brasil



Fonte: Adaptado de <http://redesinteligentesbrasil.org.br/projetos-piloto-brasil.html>.

Registre-se que desde 2009 (LIMA, 2012) haviam 178 projetos propostos pelas concessionárias brasileiras distribuídos em demonstrativos, provas de conceito e estudos tecnológicos para redes inteligentes, que somavam um montante de R\$ 411 milhões em investimentos, Tabela 1. Os subtemas de maior destaque, observando o número de projetos e o valor investido, são a geração distribuída, a automação da distribuição e as telecomunicações.

Tabela 1 - Projetos e investimentos previstos e realizados em projetos de pesquisa e desenvolvimento sobre redes inteligentes no Brasil

Tema Pesquisa	Quantidade de Projetos	Investimento Previsto (R\$)
Sistemas de medição inteligente	20	29.042.631,52
Automação da distribuição	38	54.547.800,26
Geração Distribuída	38	100.609.038,31
Sistemas de armazenamento	7	12.578.812,65
Veículos elétricos	5	9.837.834,08
Telecomunicações	23	43.232.624,30
Tecnologia da informação	16	27.814.334,58
Prédios e residências inteligentes	16	31.656.194,52
Novos serviços	1	490.692,00
Outros	14	101.486.651,49
Total	178	411.296.613,71

Fonte: Lima (2012).

A necessidade de melhorar a eficiência energética em função de suas fontes primárias, escassas, é o principal objetivo em países desenvolvidos, o que não ocorre no Brasil. Considerando a análise da implantação da rede inteligente nos Estados Unidos, na Europa e no Brasil, observa-se que existem diferentes motivações em cada região (PASCALICCHIO, 2011).

São identificadas diferentes iniciativas em vários países e concluir que as Redes Elétricas Inteligentes se mostram como uma forte tendência mundial, os motivadores que levam cada país a investir nesta tendência são diferentes (CGEE, 2012), conforme mostra a Figura 8 (CGEE, 2012). De um modo geral, a Europa investe como uma ação para a redução de emissões. Os EUA, por sua vez, focalizam seus esforços na melhoria da eficácia da rede e a Ásia e Pacífico como uma ferramenta que possibilita ações para uma melhora no atendimento à demanda e a busca por um mercado tecnológico emergente. No caso americano, tratam-se dos esforços do setor de distribuição de energia em garantir a confiabilidade no abastecimento. Na Europa, há um grande comprometimento com a redução de carbono e de gases causadores do efeito estufa.

Figura 8 - Principais motivadores para implantar redes elétricas inteligentes



Fonte: CGEE (2012).

No Brasil, o maior interesse pela medição inteligente é o monitoramento do sistema, associado às perdas de receita por furtos e outros problemas técnicos, tais como qualidade no fornecimento, pois a simples substituição da leitura manual dos medidores não justifica o investimento. Entretanto, o custo operacional e o

volume de perdas do sistema de distribuição de energia elétrica brasileiro impõem uma preocupação, cobrando uma maior efetividade das soluções aplicáveis, principalmente, em baixa tensão que responde por mais de 90% dos clientes do setor elétrico e onde, proporcionalmente, encontram-se as condições mais adversas e os maiores índices de perdas não técnicas (CUNHA, 2011) e (CAIRES, 2012).

2.1.7 Cenário institucional e regulamentar no Brasil.

Preliminarmente é importante citar que alguns esforços têm sido despendidos para o desenvolvimento da tecnologia de redes inteligentes no Brasil. Cabe destacar a criação, através da Portaria nº 440, de 15 de abril de 2010, do Grupo de Trabalho de Redes Elétricas Inteligentes pelo Ministério de Minas e Energia (MME), que tem a função de analisar e identificar ações necessárias para subsidiar o estabelecimento de políticas públicas para a implantação de um Programa Brasileiro de Rede Elétrica Inteligente.

Esse grupo de trabalho era composto por representantes do MME, da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica da Eletrobrás – CEPEL, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e do Operador Nacional do Sistema – ONS (BRASIL, 2010).

Abaixo, listamos os principais aspectos abordados por esse grupo de trabalho (BRASIL, 2010):

- Análise das tecnologias e possíveis impactos;
- Análise e alocação dos custos e benefícios da rede elétrica inteligentes;
- Análise da viabilidade da geração distribuída, do armazenamento de energia e dos veículos elétricos e sua influência sobre a rede elétrica inteligente e a criação de novos mercados;
- Estudo de tecnologia da informação;
- Estudo de medição e mercado;
- Análise do custo benefício da geração distribuída, do armazenamento de energia e dos veículos elétricos sob diferentes mecanismos de incentivo;
- Análise dos impactos sobre as tarifas nos diversos cenários

- Análise das barreiras e incentivos regulatórios;
- Avaliação de políticas e resultados de outros países (Estados Unidos, Alemanha, Finlândia, Portugal, Holanda; Irlanda do Norte e Austrália);
- Análise e proposição de políticas públicas e mecanismos de incentivo.

Cabe destacar também que, através do Instituto ABRADEE de Energia (iABRADEE - Instituto da Associação Brasileira dos Distribuidores de Energia Elétrica) e pela APTEL (Associação de Empresas Proprietárias de Infra-estrutura e de Sistemas Privativos de Telecomunicações), consoante às discussões nacionais e internacionais, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) promoveu o desenvolvimento do Projeto Estratégico de P&D: Programa Brasileiro de Rede Elétrica Inteligente, por meio da Chamada pública nº 11/2010.

Este Projeto tem desenvolvido uma proposta para o Plano Nacional para a Migração Tecnológica do Setor de Distribuição de Energia Elétrica, do estágio atual com medidores mecânicos para a adoção ampla do conceito de Redes Inteligentes, incluindo funcionalidades e requisitos, padronização das tecnologias, adequação da legislação e regulamentação, e um programa de capacitação.

O Projeto está em fase de finalização⁴, e fora estruturado em 7 Blocos de Pesquisa:

- BP 1 – Governança e Integração;
- BP 2 – Medição;
- BP 3 – Automação;
- BP 4 – Geração e Armazenamento Distribuídos e Veículos Elétricos;
- BP 5 – Telecomunicações, TI e Interoperabilidade;
- BP 6 – Políticas Públicas e Regulação;
- BP 7 – Perspectiva do Consumidor.

2.1.8 Regulamentação

Um outro esforço institucional se refere às modificações do arcabouço regulatório introduzidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com a criação de legislação específica para temas direcionados a redes inteligentes, tais

⁴ Fonte: Informação disponível no sitio: <http://www.abradee.org.br/instituto-abradee/programas-de-p-d>.

como: PLC, geração distribuída, pré e pós pagamento eletrônico, tarifa com postos horários para baixa tensão (Tarifa Branca).

2.1.8.1 *Power Line Communications – PLC*

Em agosto de 2009, através da Resolução Normativa Nº 375 (ANEEL, 2009), a ANEEL regulamentou a utilização das instalações de distribuição de energia elétrica como meio de transporte para a comunicação digital ou analógica de sinais, através de *Power Line Communications – PLC*.

Cabe registrar, todavia, que as distribuidoras que atuam no Sistema Interligado Nacional – SIN não podem desenvolver atividades comerciais com o uso da tecnologia PLC, exceto nos casos previstos em lei e nos respectivos contratos de concessão.

2.1.8.2 Tarifa Branca

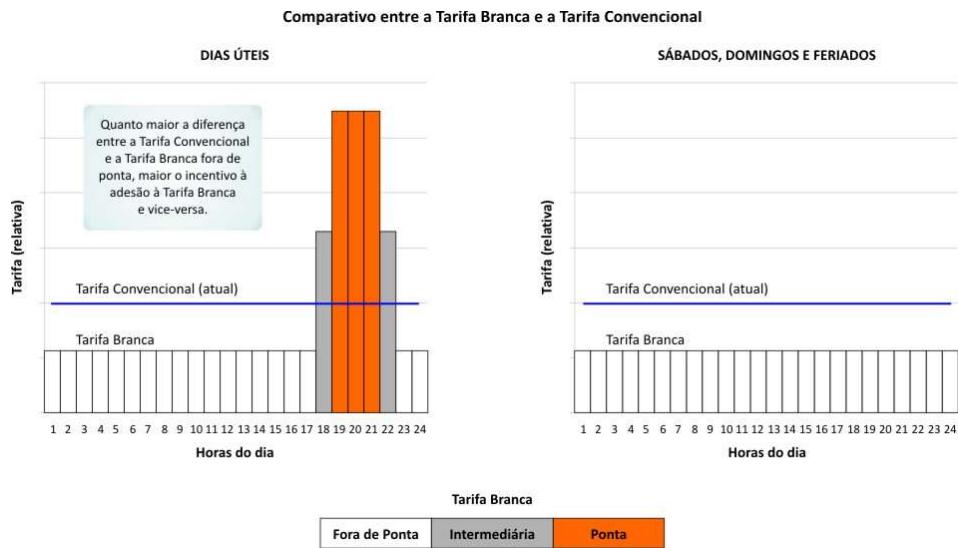
Com a Resolução Normativa Nº 464, de 22/11/2011 (ANEEL, 2011), a ANEEL criou uma nova opção de tarifa para o pequeno consumidor de energia elétrica, a Tarifa Branca. A Tarifa Branca é uma opção de tarifa que sinaliza aos consumidores a variação do valor da energia conforme o dia e o horário do consumo, visando o uso racional do sistema elétrico. Ela é oferecida para as instalações em baixa tensão (127, 220, 380 ou 440 Volts).

Com a Tarifa Branca, o consumidor passa a ter possibilidade de pagar valores diferentes em função da hora e do dia da semana. Se o consumidor adotar hábitos que priorizem o uso da energia fora do período de ponta, diminuindo fortemente o consumo na ponta e no intermediário, a opção pela Tarifa Branca oferece a oportunidade de reduzir o valor pago pela energia consumida.

Nos dias úteis, o valor da Tarifa Branca varia em três horários: ponta, intermediário e fora de ponta. Na ponta e no intermediário, a energia é mais cara. Fora de ponta, é mais barata. Nos feriados nacionais e nos finais de semana, o valor é sempre fora de ponta. Na Figura 9 é mostrado graficamente um comparativo entre a Tarifa Branca e a Convencional.

Cabe observar que os períodos dos horários de ponta, intermediário e fora ponta são homologados pela ANEEL nas revisões tarifárias periódicas de cada distribuidora, que ocorrem em média a cada quatro anos.

Figura 9 - Comparativo Tarifa Branca X Tarifa Convencional



Fonte: Disponível no sitio da ANEEL, <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=781&idPerfil=4>.

Cabe registrar que embora as concessionárias de energia já possuam tarifas disponíveis para a modalidade Tarifa Branca, ainda não é possível que os consumidores de baixa tensão utilizem essa modalidade tarifária, visto que ainda não há medidores eletrônicos homologados, conforme os padrões técnicos definidos em regulamento do INMETRO.

2.1.8.3 Medição Eletrônica

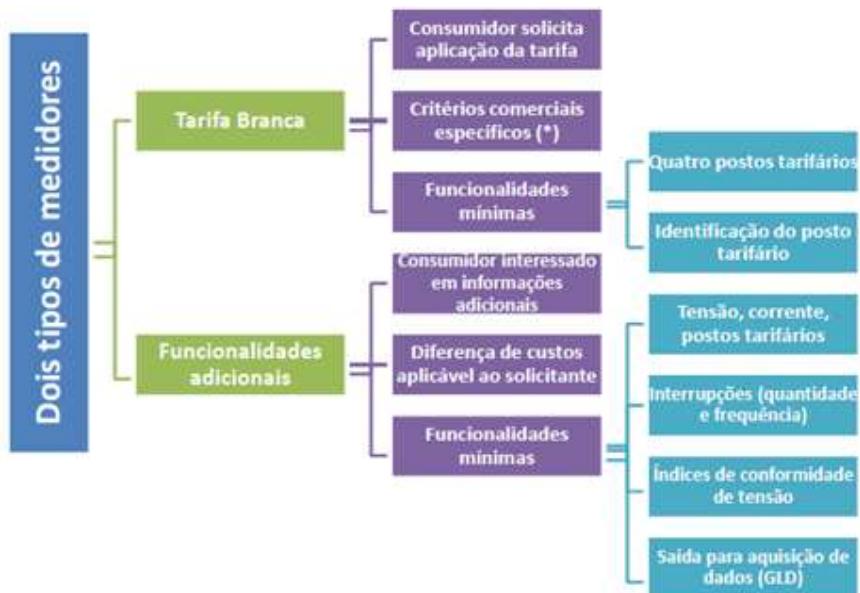
No final de 2012 a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 502/2012 (ANEEL, 2012b), Figura 10, que regula os sistemas de medição eletrônica para os consumidores residenciais que tem fornecimento de energia em baixa tensão (grupo B - 220/380V).

O sistema de medição das unidades consumidoras enquadradas na modalidade tarifária branca deve apurar, observando a regulamentação técnica metrológica específica, o consumo de energia elétrica ativa em pelo menos 4 (quatro) postos tarifários, devendo ser programáveis o início e o fim de cada posto.

Para faturar a unidade consumidora na modalidade tarifária branca, a distribuidora deve utilizar sistema de medição com a funcionalidade de apuração do consumo de energia elétrica em postos tarifários aprovado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro.

É importante registrar que a mencionada resolução também permite o sistema com comunicação remota, para o qual a distribuidora deve adotar procedimentos e tecnologias que assegurem a segurança dos dados trafegados, especialmente das informações de caráter pessoal coletadas das unidades consumidoras.

Figura 9 - Medição eletrônica, Resolução ANEEL 502/2012



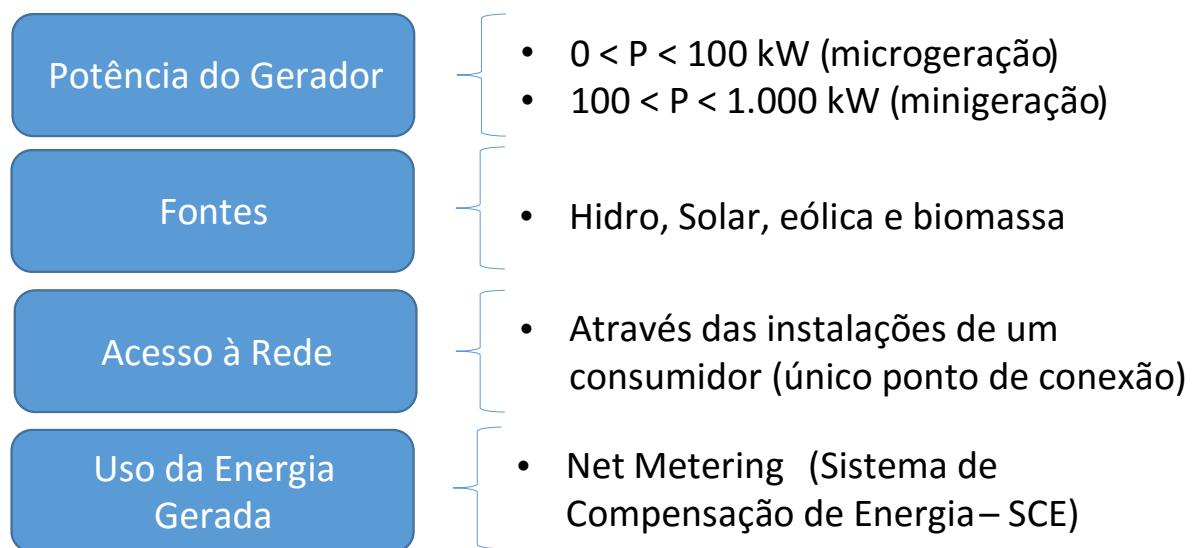
Fonte: Elaborado pelo autor.

A instalação da medição eletrônica será uma opção dos consumidores que escolheram tarifa horária (tarifa branca). O investimento em medição eletrônica será pago através da tarifa paga pelos usuários, não havendo custo direto ao consumidor pela utilização de medição eletrônica.

2.1.8.4 Geração Distribuída

Ainda em 2012, a ANEEL publicou a Resolução Normativa n.º 482/2012 (ANEEL, 2012a), que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o respectivo sistema de compensação de energia elétrica, Figura 11.

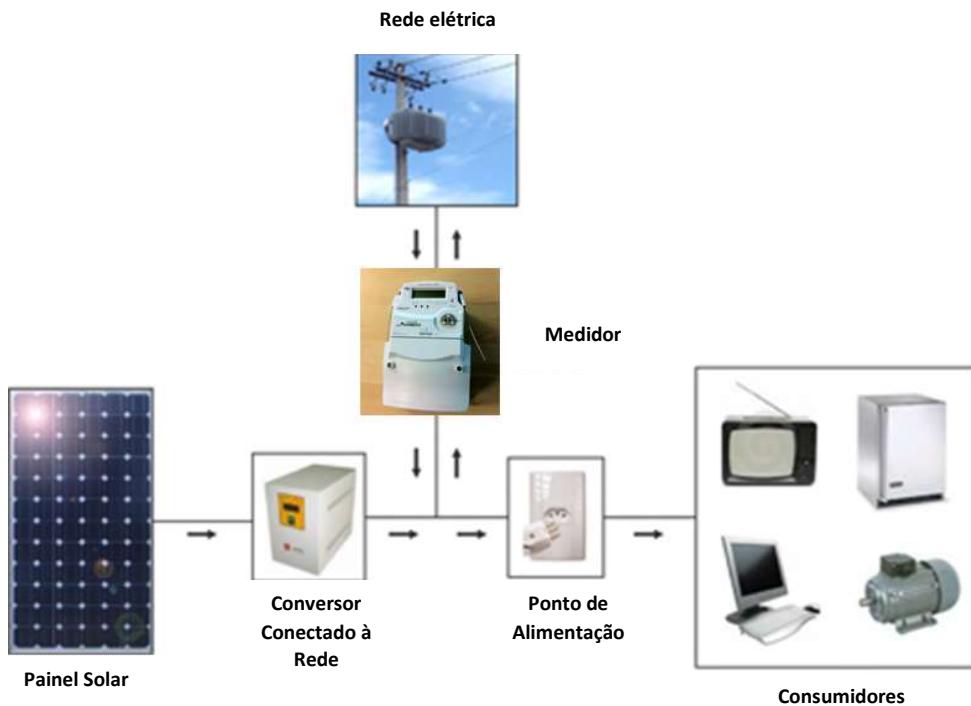
Figura 10 - Geração distribuída, Resolução Normativa 482/2012



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio do sistema de compensação de energia elétrica, Figura 12, esta regulamentação propicia que a energia gerada possa ser utilizada apenas para reduzir as faturas de energia dos respectivos consumidores.

Figura 11 - Sistema de compensação de energia



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Resolução adota as seguintes definições:

1 - Micro geração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

2 – Mini geração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

O sistema de medição bidirecional deve observar as especificações técnicas contidas no Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. O sistema de medição bidirecional para microgeração deve, no mínimo, diferenciar a energia elétrica ativa consumida da energia elétrica ativa injetada na rede. Já para os sistemas de minigeração a medição deve possuir 4 quadrantes.

Os custos referentes à adequação do sistema de medição, necessário para implantar o sistema de compensação de energia elétrica, são de responsabilidade do interessado.

2.1.8.5 Pagamento Eletrônico

Em 13/05/2014 a ANEEL publicou também a Resolução nº 610/2014 (ANEEL, 2014), que regulamenta as modalidades de pré-pagamento e pós-pagamento eletrônico de energia elétrica.

De acordo com o texto aprovado, a adesão do consumidor ao modelo de pré-pagamento é voluntária e sem ônus. Além disso, depende de uma decisão da distribuidora em oferecer a modalidade em sua área de concessão.

O sistema funcionará da seguinte forma: o consumidor recebe um crédito inicial de 20 kWh, a ser quitado na compra subsequente. Posteriormente, poderá comprar novos créditos quando quiser e quantas vezes desejar, sendo 5 kWh o montante mínimo de compra. A venda dependerá da estratégia que a distribuidora adotar, o que pode ocorrer por meio de agentes credenciados pela distribuidora ou, inclusive, pela internet. A tarifa do pré-pagamento será igual à do pós-pago.

A distribuidora de energia que adotar as modalidades de pré-pagamento e pós-pagamento eletrônico de energia elétrica deverá definir a tecnologia do sistema de medição que será utilizado nas modalidades de faturamento previstas nesta Resolução, observados os critérios estabelecidos na regulamentação metrológica.

O respectivo sistema de pré-pagamento deve permitir no mínimo a visualização da quantidade de créditos disponíveis, em kWh, e possuir alarme visual e sonoro que informe ao consumidor a proximidade do esgotamento dos créditos. As informações e os alarmes constantes do caput devem ser disponibilizados por meio de equipamento a ser instalado no interior do imóvel do consumidor.

2.2 A TV DIGITAL BRASILEIRA

Um importante componente da TV digital é a capacidade de expandir as funções do sistema para aplicações construídas sobre a base do padrão de

referência do sistema. Tais aplicações são programas computacionais residentes em um dispositivo receptor, o *Set-top box* (STB).

Novos serviços estão disponíveis, como guias electrônicos de programas, serviços bancários (*T-banking*), serviços de saúde (*T-health*), serviços educacionais (*T-learning*), serviços Governamental (*T-government*), etc, mas a característica mais importante da tecnologia de TV digital é a possibilidade de interação com o usuário.

2.2.1 Arquitetura da TV digital

Imagen de alta definição, som límpido, sinal estável, vários canais e a possibilidade de interação são algumas das vantagens da TV digital. Trata-se de um sistema de transmissão, recepção e processamento de sinais de alta definição, compactados em formato digital, que podem ser enviados via satélite, microondas, cabos e terrestre (radiodifusão).

Além da melhoria da qualidade do áudio e do vídeo, perceptíveis à primeira vista para qualquer pessoa, a TV digital também possibilita a interativa otimização do espectro de radiofrequências, características fundamentais que impulsionam a transição para o novo modelo. Portanto, a vantagem mais perceptível da transmissão em sistema digital é a conservação da qualidade do sinal.

Nos atuais sistemas analógicos, em razão das perdas, a definição nos aparelhos receptores atinge, na prática, somente 330 linhas horizontais. Isso impacta diretamente na qualidade da imagem que vemos na TV. No sistema digital a imagem é muito menos imune a interferências e ruídos, ficando livre dos “chuviscos” e “fantasmas” tão comuns na TV analógica. Na transmissão digital, os sinais de som e imagem são representados por uma sequência de bits, dígitos 0 ou 1, e não mais por uma onda eletromagnética analógica.

As modalidades mais conhecidas de televisão digital são (MACEDO, 2008):

- SDTV (*Standard Definition Television*),
- HDTV (*High Definition Television*),
- EDTV (*Enhanced Definition Television*),
- LDTV (*Low Definition Television*).

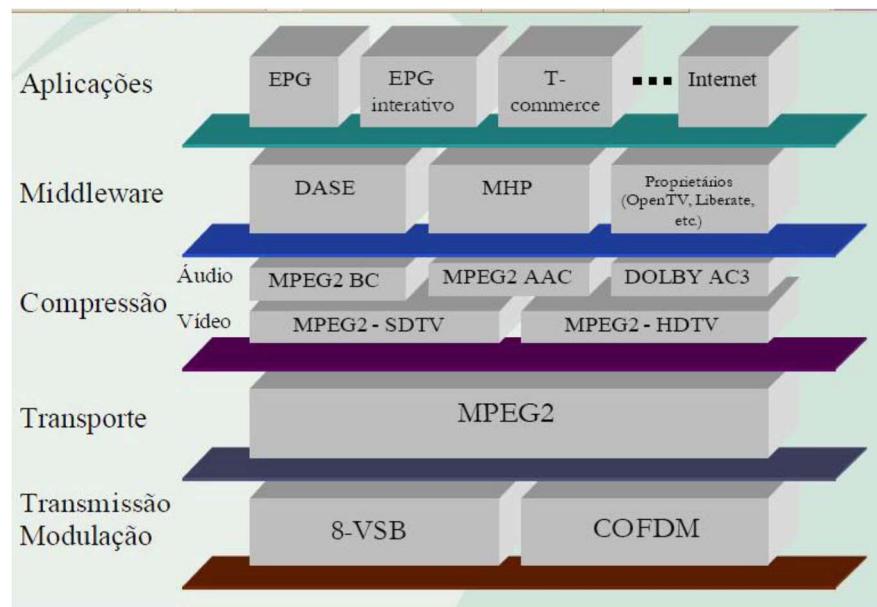
A SDTV, é um serviço de áudio e vídeo digitais, parecido com a TV analógica, na relação de aspecto 4:3 (largura:altura da imagem) cujos aparelhos receptores possuem 408 linhas, com 704 colunas (pontos) em cada uma.

A HDTV, cuja imagem possui formato 16:9, é recebida em aparelhos com 1080 linhas de definição e 1920 pontos em cada linha. Entre esses dois sistemas existe a EDTV, TV de média definição, que possibilita a utilização de aparelhos com 720 linhas de 1280 pontos. LDTV é o padrão de qualidade de imagem inferior à SDTV, que é usado em microcomputadores, utilizando a resolução de 240 linhas. Dependendo da largura de banda disponível para a transmissão, é possível mesclar essas modalidades de TV digital, uma vez que a qualidade da imagem no receptor é proporcional à banda utilizada pela transmissão.

Como ocorre em projetos de edificações, a melhor forma de lidar com um sistema complexo, como no caso de um sistema de TV digital, interativa, é mediante a representação de sua arquitetura. Uma arquitetura de referência visa mostrar os principais elementos de um sistema e suas interações, escondendo detalhes que não são considerados importantes de um determinado ponto de vista.

Pode-se classificar os componentes de um sistema de TV digital em cinco camadas ou conjuntos de padrões, conforme mostra a Figura 13.

Figura 12 - Arquitetura de TV digital com tecnologias usadas em cada camada



Fonte: Becker; Montez (2005).

1 - Transmissão de Modulação (satélite, móvel, cabo, terrestre). Aglutina três subsistemas:

- Transmissão e recepção: responsável pelo levantamento do sinal de TVD no ar, no difusor, e pela sintonia do sinal no receptor.
- Modulação e demodulação: responsável pela modulação do fluxo de transporte codificado, no emissor e demodulação do sinal de TVD em um fluxo de transporte codificado no receptor.
- Codificação e decodificação: responsável pela codificação e decodificação (codec) do fluxo de transporte no envio e recepção respectivamente.

2 - Transporte: No ambiente da emissora é responsável pela multiplexação de vários programas em um único fluxo de transporte. No ambiente do usuário, realiza a demultiplexação do fluxo de transporte de acordo com o programa selecionado pelo usuário.

3 - Compressão e Codificação (MPG2 vídeo e áudio): Realiza os processos de compressão de sinais de áudio e vídeo no ambiente da emissora (difusor) e descompressão de sinais de áudio e vídeo no ambiente do usuário.

4 - *Middleware* (MHP, DASE, ARIB, proprietário): Camada de *software* que oferece um serviço padronizado para a camada de aplicação, escondendo as peculiaridades e heterogeneidades das camadas de transporte e transmissão.

5 - Aplicações (*Internet, T-mail, T-Governo, T- Comerce, Celular, EAD*): Este conjunto corresponde à camada visível para o usuário e que fará a interação direta com o mesmo, sendo suportada pelas camadas inferiores. É responsável pela execução dos aplicativos.

Como pode ser observado na Figura 14, além das funções de modulação/transmissão e demodulação/recepção, conhecidas da TV convencional, são introduzidas na arquitetura da TV digital as funções de compressão/descompressão e de *middleware*.

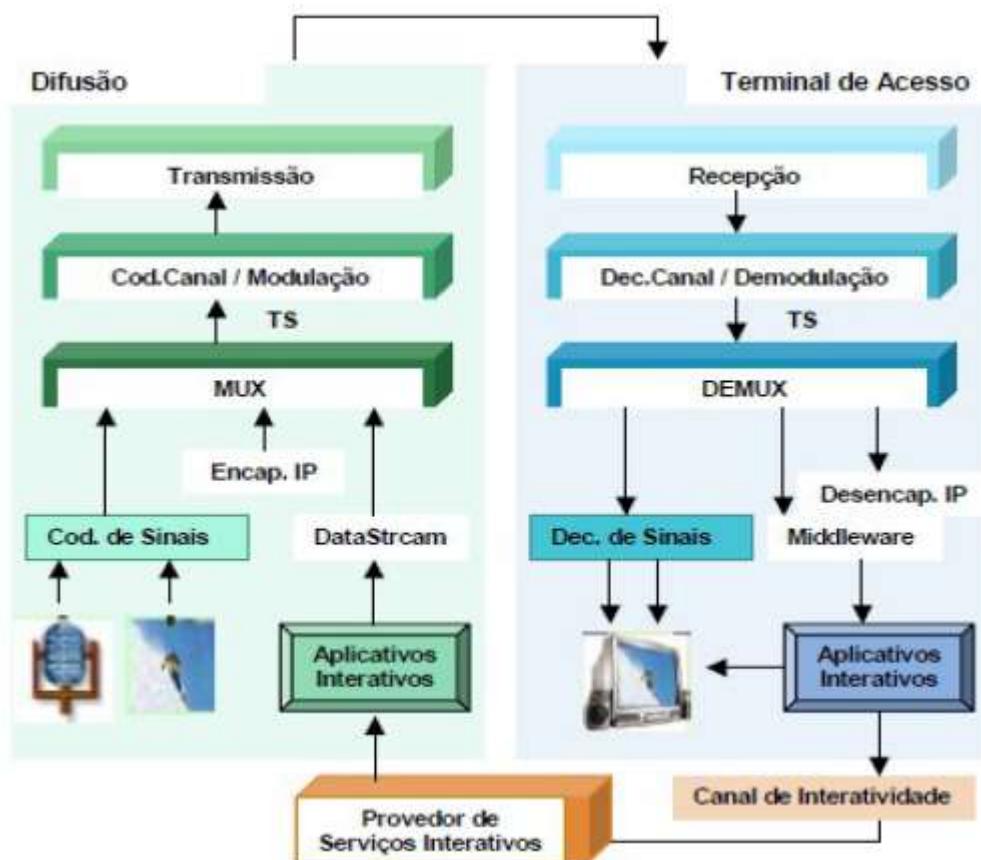
A ideia por trás da arquitetura é a de que cada camada oferece serviços para a camada superior e usa os serviços oferecidos pela camada inferior. Desta forma, as camadas de Transporte e Compressão não diferem muito dos padrões

amplamente adotados, baseados nas especificações MPEG, da ISO. Já a modulação, o *middleware* e as aplicações podem ser mais facilmente adaptadas às necessidades e especificidades do país.

Os principais sistemas de TV digital, norte-americano (ATSC), europeu (DVB) e japonês (ISDB), adotam diferentes padrões de *middleware*. Desta forma, uma aplicação, especificamente de conteúdo interativo, objeto principal da evolução digital, faz uso de uma camada de *middleware* que intermedia toda a comunicação entre a aplicação e o resto dos serviços oferecidos. É por meio do *middleware* que atua o provedor de serviços interativos, de importância fundamental para a inclusão digital e social.

A Figura 14 mostra a arquitetura de um sistema de TV digital terrestre interativa (TVDI).

Figura 13 - Arquitetura de um sistema de TV digital terrestre interativa



Fonte: Oliveira (2013).

Neste cenário, são apresentados os componentes difusor, meio de difusão e recepção doméstica em conjunto com a arquitetura em camadas detalhada na Figura 14 (transmissão, transporte, compressão, *middleware* e aplicativos) de forma que é possível identificar os fluxos envolvidos na transmissão e recepção do sistema: áudio, vídeo e dados (A/V/D).

Pode-se observar que a composição do sistema é formada por uma série de subsistemas relativamente independentes que trabalham em conjunto e garantem a transmissão e recepção dos fluxos de A/V/D e um determinado nível de interatividade (intermitente ou permanente) entre os pontos comunicantes, visto que existe um canal de interação.

Para prover os programas em formato digital (camada de aplicativos) as emissoras comprimem a informação de acordo com a largura de banda alocada para o canal de televisão (camada de compressão). No caso do envio de vários programas em um mesmo canal, após a compressão individual, ocorre a multiplexação dos vários programas em um único fluxo de transporte (camada de transporte).

O fluxo de transporte é codificado (1º subsistema da camada de transmissão) de forma que sua reconstrução no ambiente do receptor doméstico apresente o menor número de erros possíveis. Após a codificação, o fluxo é modulado em uma portadora de alta frequência (2º subsistema da camada de transmissão) e transmitido no ar por uma antena apropriada (3º subsistema da camada de transmissão).

Para receber os programas oferecidos pelas emissoras, o ambiente de recepção doméstica realiza o mesmo processo descrito anteriormente, mas, de forma inversa.

Inicialmente, ocorre a sintonização do sinal captado por radiodifusão pela antena do receptor digital (1º subsistema da camada de transmissão). Em seguida, ocorre o processo de demodulação e decodificação (2º e 3º subsistemas da camada de transmissão). Desta forma, o sinal resultante é um fluxo de bits equivalente ao fluxo de transporte original.

De acordo com o programa selecionado pelo usuário, a demultiplexação (camada de transporte) é realizada, seguida da descompressão (camada de

compressão). Todo este processo resulta em um programa que já pode ser visualizado pelo usuário por meio da tela da televisão (camada de aplicativos).

2.2.2 TV digital interativa

A TV digital interativa, diferente de sua antecessora, a TV analógica, apresenta como novo conceito a possibilidade da comunicação bidirecional, o que permitirá ao usuário fazer escolhas, solicitar e receber respostas do emissor de programação, tendo maior controle da experiência de assistir televisão.

Essa mudança de paradigma é considerada uma revolução. Entende-se que essa não é apenas uma revolução tecnológica, mas também uma revolução social, na medida em que o usuário pode disseminar sua opinião e modificar as informações recebidas e transmitir informações.

2.2.2.1 Interatividade

O uso dos termos “interatividade”, “interativo”, “interação” é, muitas vezes, invocado de maneira difusa e até vulgarizada. A discussão vai desde cinemas ditos interativos, com cadeiras que se movimentam, videogames que respondem à ação de um *joystick*, menu de opções de guias de programação de televisão, ou programas que dão a opção por certas respostas.

O termo “interatividade” em geral ressalta a participação ativa do beneficiário de uma transação de informação” (LÉVY, 1999). Ao assistir a um programa, mesmo confortavelmente instalado, em frente a um aparelho de TV e sem utilizar o controle remoto, um espectador nunca é passivo, pois percebe a mensagem, decodifica, interpreta, participa e mobiliza seu sistema sensorial.

A possibilidade de reapropriação e de recombinação material da mensagem por seu receptor é um parâmetro fundamental para avaliar o grau de interatividade do produto (LÉVY, 1999).

Interatividade trata da possibilidade de o receptor transformar as mensagens e não simplesmente recebê-las passivamente; tem-se uma co-autoria da mensagem tanto do emissor como do receptor. Essa modalidade de comunicação, em que há a construção em conjunto da mensagem, é a aproximação que se busca

tanto presencialmente quanto pelos meios de comunicação. Interatividade também significa dar ao usuário a possibilidade de buscar diferentes respostas, em que a previsão de interações pareça não se esgotar e ao mesmo tempo dar a impressão de simultaneidade, como num diálogo.

No caso da televisão, a digitalização e a interatividade podem aumentar ainda mais as possibilidades de reapropriação e personalização da mensagem, ao permitir, por exemplo, que o usuário escolha aquilo a que vai assistir baseado na grade de programação ofertada, escolha da câmera que exibe um jogo, possibilidade de ampliar imagens, optar por legendas ou adquirir determinado produto que está sendo ofertado no momento da exibição de seu programa favorito. Parar momentaneamente a transmissão e retomá-la do ponto em que parou, como se estivesse assistindo a um vídeo, ou interrompesse momentaneamente uma conversação.

Usufruir recursos avançados como: *T-mail*, votação eletrônica, consultas a contas bancárias, programas de saúde e educação a distância e, até, enviar conteúdo ao transmissor. Está o usuário de televisão, com isto, deixando de ser mero espectador, ou personagem reativo, que faz opções automáticas, para tornar-se criativo e interagindo com ela.

Ao falar de interatividade na programação de conteúdo de televisão, pode-se dar duas interpretações: que o canal de comunicação deixa de ser unidirecional, passando a funcionar nos dois sentidos – bidirecional; que o usuário possa se “apropriar” do conteúdo e acessá-lo de forma não linear, explorando o potencial “multimídia” nele projetado.

A interatividade dá uma nova concepção de conteúdo para TV digital interativa, a inclusão digital.

2.2.2.2 A TV interativa

A TV analógica esgotou suas possibilidades de melhoramento tecnológico; não há como expandi-la ou melhorá-la para atender às demandas que surgiram. Para haver qualquer comunicação entre o transmissor e o usuário faz necessário outro meio de comunicação, seja telefone ou Internet. Com o passar do

tempo, tornou-se imperativo unir essas ferramentas de comunicação à TV e torná-la interativa.

Os termos TV interativa e TV digital, são comumente associados; no entanto a interatividade e a digitalização podem ser dissociadas. Muitos canais de TV a cabo, com transmissão analógica, apresentam algum tipo de interação com usuário, limitada a alguma escolha, utilizando o controle remoto.

O grau de interação do usuário com as aplicações, serviços e conteúdo interativos, varia de acordo com a possibilidade de reapropriação e de recombinação material da mensagem por seu receptor. O que se conclui que a questão digital não está na opção pela tecnologia, mas na opção sobre o que fazer com o conteúdo que essa nova televisão vai consumir.

Para elucidar a questão da indefinição sobre conteúdo televisivo interativo, existem três diferentes níveis de interatividade, os quais podem ser classificados em ordem crescente de abrangência (REISMAN, 2002):

- Reativo - nesse nível, as opções e realimentações (*feedbacks*) são dirigidas pelo programa, havendo pouco controle do usuário sobre a estrutura do conteúdo;
- Coativo - apresenta-se aqui possibilidades do usuário controlar a sequência, o ritmo e o estilo;
- Proativo - o usuário pode controlar tanto a estrutura quanto o conteúdo.

No primeiro nível, a interatividade é apenas com o aparelho de TV, limitando-se a fazer escolhas. É a TVI que conhecemos hoje, pelas experiências européia e americana, cujos conteúdos e programações não permitem interferência do usuário. As principais ações consistem em usar as funções de videocassete, disponíveis nos *set-top boxes* ou TVs digitais e vídeo sob demanda.

No segundo nível de interatividade, “TVI no modo mais profundo”, o usuário interage com a programação, que pode ser alterada com o simples uso do controle remoto. O pesquisador admite que esta interação é “mais desafiadora de ser produzida”. Neste nível, seria possível escolher, por exemplo, o final de um filme ou como terminaria a novela preferida. Programação idêntica foi produzida pela televisão brasileira, com o programa “você decide”, pelo qual o telespectador optava

mediante votação por telefone, na escolha de um desfecho final, para a trama apresentada.

No terceiro nível de interatividade, tem-se a interatividade ideal. Chamado de interatividade “co-ativa”, este nível alteraria radicalmente a forma como vemos TV atualmente. Além de assistir aos programas aos quais está habituado, o usuário poderia aprofundar-se nos temas que mais lhe interessam. Seria possível, por exemplo, o acesso a mais informações sobre o filme a ser visto; detalhes sobre os times que estão disputando um jogo. Até os comerciais poderiam ser revolucionados, com a introdução de níveis de informação, pelo qual o cliente esclarece todas as dúvidas sobre o item a ser comprado e ainda pode fechar a compra *on-line*.

Sobre a questão de como seria o conteúdo dessa forma co-ativa de interatividade:

A interatividade em TV digital, analisada do ponto de vista técnico, deve-se à presença de três elementos: Gerador de Carrossel, Multiplexador e STB Interativo. A restrição da interatividade ao subsistema de recepção doméstica é chamada de Interatividade local. A ampliação deste modelo possibilitando o envio de informações do receptor para o operador, tem-se a interatividade remota. A interatividade remota, dependendo do canal de retorno, pode ser intermitente e permanente.

2.2.2.3 Tipos de serviços para TV digital interativa

No cenário de televisão digital interativa, os usuários possuem uma diversidade de serviços e aplicações quando estão defronte do aparelho de televisão. Entende-se como serviço tudo aquilo de que o provedor necessita para prover um valor para o usuário e, como aplicação, aquilo que o usuário percebe que lhe traz valor. Deste modo, foram identificados os principais serviços e aplicações disponíveis no mercado de televisão digital, interativa ou que venham a ser disponibilizados.

A TV interativa possibilita a veiculação de vários tipos de serviços; alguns, que exploram a interatividade básica, com possibilidade de aplicação com tecnologia mais simples estarão disponíveis em curto prazo; e outros a interatividade mais

avançada e que requer *set-top box* dotadas de áreas de armazenamento, com memória, com processador e canal de retorno. Os tipos de serviços interativos, de acordo com a capacidade dos aparelhos de recepção e a interatividade, dividem-se em: *Enhanced*; *Individualized TV*; *Personal TV*; EPGs (Guias eletrônicos de programação); *Internet TV*; *On-Demand TV*; *Play TV*; *Banking & Retail*.

2.2.2.4 Aplicações interativas

Vários serviços voltados à comunidade, e que representam aplicações específicas dos serviços anteriores, com estudos e aplicações desenvolvidas para TV digital, interativa, são enumerados a seguir: *T-learning* ou *Educational TV*; *Community TV*; *Global TV*; *T-Commerce*; *T-Govern*; *T-mail*; TV saúde;

2.2.2.5 O canal de interatividade

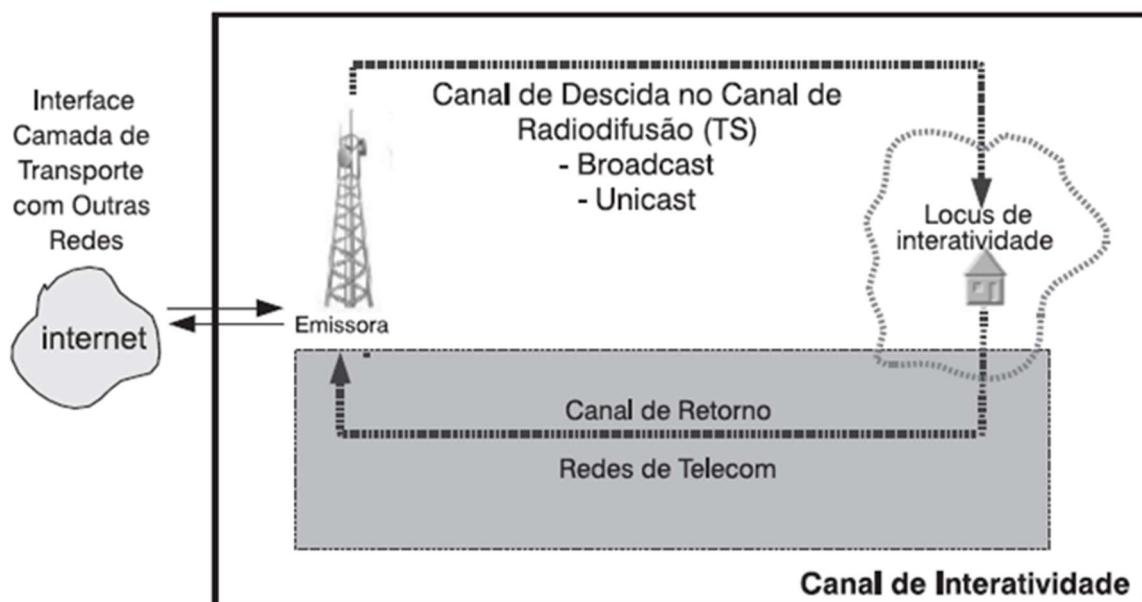
Denomina-se canal de interação ou de interatividade a conexão entre as redes de televisão e as redes de telecomunicações, resultando em dois canais de comunicação: o canal de descida (*download*), que estabelece a comunicação no sentido da emissora para o usuário, e o canal de retorno (*upload*), que estabelece a comunicação no sentido usuário para as emissoras, Figura 15.

A rede de TV digital funciona “empurrando” pacotes de sinais (áudio, vídeo e dados) da estação geradora, num fluxo contínuo chamado *transport stream* (TS) para os receptores digitais (*set-top boxes*) que estão sintonizados na frequência daqueles sinais. Aqui está a diferença entre o sistema de envio de sinal do computador e o sinal de TV: o pacote de sinais da rede de TV digital é enviado para todos os receptores daquela plataforma simultaneamente (*broadcast*), enquanto nas redes de computadores, um nó específico (fonte) envia pacotes para outro nó específico (destino) na rede. Pode-se dizer que os *set-top boxes* têm uma porta de entrada principal, que recebe o TS.

Nas plataformas terrestre e por satélite, essa entrada é um circuito eletrônico que sintoniza e demodula ondas eletromagnéticas de rádio e as converte em um fluxo de 1s e 0s (uns e zeros).

Nas plataformas por cabo e DSL, essa porta de entrada do *set-top box* é um circuito eletrônico que sintoniza e demodula sinais elétricos presentes no cabo, convertendo-os também num fluxo de 1s e 0s. O mesmo acontece nas conexões por cabo de fibra ótica, onde os sinais são feixes de luz no lugar de ondas eletromagnéticas.

Figura 14 - Diagrama simplificado do canal de interatividade



Fonte: CPQD (2006).

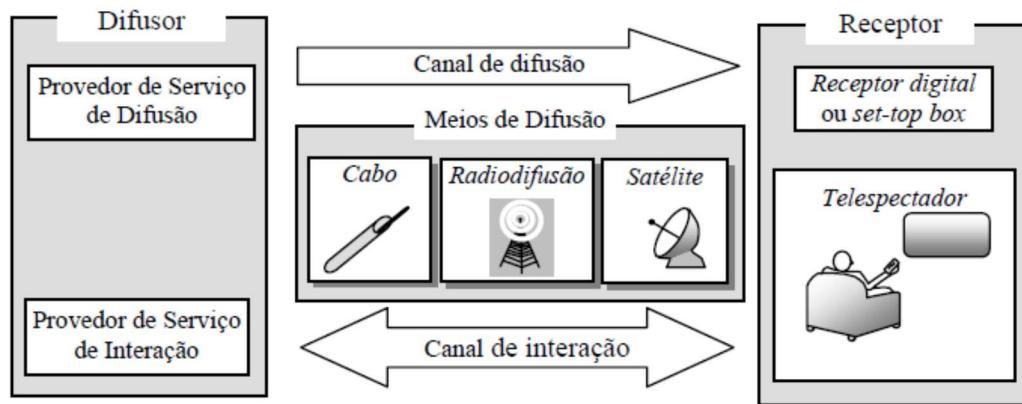
Os *set-top boxes* com canal de retorno, devem possuir uma porta bidirecional, que serve de conexão com o provedor de serviços interativos. Esta conexão bidirecional no *set-top box* serve tanto para retorno de informações interativas do usuário, quanto para *download* de conteúdo exclusivo para este usuário. Geralmente o tráfego de informações, por esta via, é bem menor do que o recebimento de pacotes.

A troca de dados entre o veículo de comunicação e o usuário final (*set-top box*) é precedida pela disponibilização de soluções tecnológicas, como por exemplo: ADSL, Wi-Fi, GPRS, Wimax, PLC (*Power Line Communications*), cabo, entre outras (CUSTÓDIO *et al.*, 2009, p.42).

2.2.2.6 Componentes da TV digital interativa

De maneira generalizada, para o entendimento do funcionamento da transmissão de sinais televisivos, acrescidos de interatividade, podemos decompor este sistema em três partes, Figura 16 (BECKER; MONTEZ, 2005):

Figura 15 - Componentes de um sistema de TV digital interativa (TVDI)



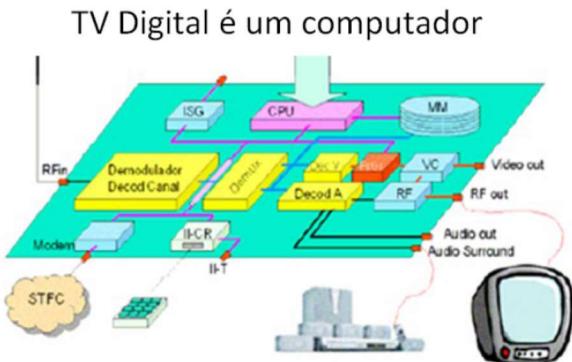
Fonte: Becker; Montez (2005).

- 1 - Um difusor, responsável por prover o conteúdo a ser transmitido e dar suporte às interações com os usuários;
- 2 - Um meio de difusão, composto por canal de difusão e canal de retorno (ou canal de interatividade) que habilita a comunicação entre difusor e receptor;
- 3 - Um receptor, que após receber e apresenta o conteúdo, apresenta-o ao usuário possibilitando-lhe interagir com o difusor.

2.2.3 Set-top boxes

Os receptores de TV digital (*set-top boxes*) podem ser consideradas máquinas Von Neumann, ou seja, seguem o mesmo modelo existente em um computador: entrada, saída, processador e memória, Figura 17.

Figura 16 - Modelo computacional de um receptor de TV digital (set-top box)



Fonte: Oliveira (2013).

2.2.3.1 Funcionamento

Antes de ser processado por um receptor, o sinal difundido precisa ser captado por uma antena específica para a tecnologia usada. O receptor pode estar embutido em uma televisão digital ou ser um equipamento à parte. Neste último caso, o receptor passa a ser conhecido como terminal de acesso ou *set-top box* que pode ser entendido como um computador adaptado às necessidades do ambiente televisivo, possuindo processador, memória, sistema operacional etc.

A ideia básica deste dispositivo é o de uma pequena caixa agregada a uma televisão analógica, que converte os sinais digitais para que sejam vistos por meio destas televisões convencionais.

Um receptor ou STB pode possuir também um canal de retorno possibilitando a interatividade entre o usuário e os serviços disponíveis. Este canal de retorno pode utilizar as mais diversas tecnologias disponíveis, como linha telefônica discada, xDSL e cabo, para fazer a comunicação no sentido inverso da difusão, do usuário para o operador da rede.

Para permitir ao usuário a interação com os serviços, os STBs possuem capacidade de processamento. Por isto seu *hardware* pode conter tecnologias que são comuns aos computadores, tais como CPU, memória, modems para canal de retorno, discos rígidos para armazenamento de dados e leitores de *smart cards* para controle de acesso.

Como ocorre em computadores convencionais, esses dispositivos são controlados por *device drivers* de sistemas operacionais; contudo, esses sistemas operacionais são bem mais simples que os convencionais e possuem código armazenado em memória não volátil (ROM). O STB também precisa lidar com controle remoto, tal como na TV convencional.

2.2.3.2 Arquitetura de *hardware*

Os STB possuem interfaces de rede e decodificadores para captar e processar os fluxos (vídeo, áudio ou dados) que, para economia de banda passante, são comprimidos. Também devem possuir *buffers* para garantir continuidade de exibição dos fluxos, em casos de atrasos da rede, devem possuir também mecanismos de sincronização de exibição de áudio e vídeo.

Além disto, a existência de barramentos, memórias, CPUs, unidades de armazenamento, processadores gráficos e dispositivos de entrada e saída, tornam a arquitetura de um STB muito parecida com a arquitetura de computador pessoal.

O conceito de STB não é totalmente novo. Uma primeira versão de STB não possui canal de retorno e disponibiliza baixo poder computacional. Em termos cronológicos, este é considerado o STB de primeira geração, também chamado de *Broadcast TV set-top box*.

A geração seguinte de STB, também conhecida como *Enhanced TV set-top box*, possui canal de retorno lento, implementado por meio de uma linha telefônica, e permite serviços de comércio eletrônico e recursos de Internet, como navegação, e-mail e Chat.

Da terceira geração em diante os STBs disponibilizam recursos de armazenamento de dados e possibilidade de executar jogos, tudo isso aliado a redes de maior velocidade. O que diferencia também as gerações de STB é o poder computacional, que se torna maior em cada nova geração.

2.2.3.3 Arquitetura de *software* do *Set-top box* (STB)

A arquitetura de *software* de um STB é muito semelhante ao de um computador. Geralmente, ela é construída em 3 camadas: sistema operacional,

middleware e aplicativos. Estas camadas de *software* se fazem necessárias para dar ao STB a possibilidade de executar as ações do usuário, bem como processar e exibir o conteúdo interativo, Figura 18.

Figura 17 - Arquitetura em camadas de um set-top box



Fonte: Oliveira (2013).

Os STB's fazem uso de sistemas operacionais (SO) de tempo real, (também denominados RTOS - *Real-Time OS*) especialmente porque devem processar mídias contínuas, como áudio e vídeo, sem interrupção e em tempo real. Como os STB ainda têm recursos de *hardware* limitados quando comparados com microcomputadores, o SO precisa ser robusto, compacto e principalmente confiável, visto que o usuário não está acostumado com *bugs*, *resets*, nem com pausas para CPU, disco ou rede, resultado de tarefas intensas.

Os usuários de TV interativa esperam que o tempo de resposta seja breve. Além disto, esperam que a TV e seus recursos estejam sempre disponíveis. Para rápida iniciação o SO deve ser preferencialmente armazenado em ROM.

A abstração do *hardware* é realizada pela definição do SO em camadas. A camada mais baixa consiste em um conjunto de *drivers* e abstrações de *software* que fazem interface diretamente com o dispositivo físico. Com esta estratégia, desenvolvedores podem portar mais facilmente o SO para múltiplas plataformas de *hardware*. Também é comum a presença de *drivers* para acesso de teclados, portas, modems e discos. Outra camada comum é o *kernel*, que tem a função de gerenciar os recursos do STB, como memória e prioridade de processos.

O *set-top box* juntamente com *middleware* e canal de interação possibilitarão a exploração das propriedades interativas das aplicações. No entanto,

cenários em que o usuário não tenha interesse por interatividade e aplicações como *T-mail*, *T-learning*, *T-Banking*, por usufruírem de computadores para tais aplicações, estes poderiam optar por terminais que não dispusessem de tais funcionalidades, as quais deveriam estar presentes em terminais para servir a um segmento da sociedade que seria contemplada com a inclusão digital.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo é dividido em duas partes. A primeira buscar dar uma visão geral das tecnologias empregadas no projeto cidade inteligente de Búzios. A segunda parte descreve, suscintamente, um projeto de medição inteligente implantado em Santiago do Chile, com o detalhamento da tecnologia de medidores inteligentes utilizada e dos principais resultados obtidos.

3.1 CIDADE INTELIGENTE DE BUZIOS

O estudo de caso, a partir da implementação de uma Cidade Inteligente no município de Armação de Búzios no estado Rio de Janeiro, tem como objetivo a obtenção de subsídios relativos a operação, infraestrutura, custos, além da avaliação de impactos econômicos, socioambientais e de qualidade do serviço com a implementação de tecnologias utilizadas nas redes inteligentes.

As aplicações de redes inteligentes utilizadas na Cidade Inteligente de Armação dos Búzios-RJ incluem: iluminação pública, automação de redes de distribuição, medição eletrônica, geração distribuída e veículos elétricos. Cada uma dessas aplicações possui características de telecomunicações distintas (AMPLA, 2014).

Observa-se que para a gestão da iluminação pública e medição eletrônica, por exemplo, é essencial que a rede possua uma boa disponibilidade. O GPRS, no escopo do projeto, foi a alternativa utilizada para o caso da Iluminação Pública.

Já para a automação de troncos e ramais, além da disponibilidade, é essencial que a rede possua velocidade e tempo de resposta de alto desempenho, uma vez que essa aplicação faz manobras em tempo real. A automação de troncos e ramais da rede de distribuição de energia elétrica já fazia uso de uma rede de comunicação própria, antes mesmo do início do projeto "Cidade Inteligente Búzios", utilizando rádios ponto-a-ponto.

A medição de energia foi realizada utilizando três meios de comunicação distintos e independentes entre si, uma rede PLC com emprego do protocolo Meters&More, uma rede MESH com tecnologia AMRTEC e uma rede MESH IEEE

802.15.4 com tecnologia AMPLA/LACTEC/PRAEX. A rede PLC Meters&More possibilita a medição remota de consumidores do Grupo B (unidades consumidoras atendidas com o fornecimento de energia nos níveis de tensão inferiores a 2,3 kV). Para isso, módulos de comunicação PLC que utilizam o protocolo *Meters&More* foram acoplados a medidores Landis+Gyr. A comunicação entre os medidores e o concentrador da rede é realizado através de comunicação PLC, os concentradores foram equipados com módulos GPRS para realizar a comunicação com o servidor central. A tecnologia AMRTEC possibilita a medição remota de energia em medidores do Grupo A (unidades consumidoras atendidas com o fornecimento de energia nos níveis de tensão superiores a 2,3 kV). Este sistema de comunicação é constituído por um *End Device* conectado ao medidor de energia que lê os dados ABNT NBR 14522 do medidor e comunica-se com um concentrador através de uma rede MESH por rádio frequência com auxílio de repetidores. O concentrador é equipado com um módulo GPRS para permitir a comunicação com o centro de medição.

Um outro ponto importante no projeto é que a geração distribuída funciona por meio de painéis fotovoltaicos instalados em consumidores preferenciais. Os inversores dessa aplicação são equipados com interface RJ45, o que os qualifica para interligação com o centro de supervisão da cidade inteligente via conectividade IP, via fibra óptica, para a obtenção das informações reais da energia alternativa gerada e quanto desta energia foi disponibilizada na rede de distribuição.

Foram disponibilizados eletropostos para recarga das bicicletas e carros elétricos, estes são equipados com comunicação via rede MESH IEEE 802.15.4, sendo utilizada para o controle da recarga desses veículos.

O direcionamento do projeto foi encontrar a melhor solução de comunicação para cada aplicação, sem a que se buscasse necessariamente a integração entre os gateways. Cada aplicação possui seu próprio gateway, que se comunica individualmente com o respectivo servidor de aplicação. Foram analisadas as necessidades de cada aplicação juntamente com os protocolos utilizados em cada uma.

Abaixo são elencadas as principais ações do projeto:

- Geração por fontes renováveis integradas à rede de distribuição em geração distribuída (4 aerogeradores verticais de 2kWp cada; 8 plantas solares de 5kWp cada; 1 estação metrológica);
- Mobilidade elétrica (taxi aquático elétrico, 3 veículos elétricos modelo Reva-i, 43 bicicletas elétricas, sendo 27 para aluguel, 10 para guarda municipal e 6 para combate ao mosquito da dengue);
- Eletropostos (dois para carga rápida e quatro para carga lenta);
- Disponibilização de tarifas diferenciadas por faixa horária;
- Iluminação pública com luminárias de led (130 luminárias Enel Sole e 40 unidades com controle remoto de potência);
- Edifício inteligente controlado remotamente;
- Redes automatizadas com sistema de autorrecomposição e controle remoto;
- 21 pontos de automação de rede;
- Medição eletrônica inteligente (cerca de dez mil medidores).

O projeto tem duração de 4 anos (nov/2011 a nov/2015), com um orçamento aproximado de 40 milhões de reais (P&D ANEEL/Ampla Energia via lei 9991/200 e patrocínios) tem como parceiro a Prefeitura de Búzios e o Governo do Estado do Rio de Janeiro, envolve 4 Universidades e 2 Institutos de Pesquisa.

3.2 PROJETO PILOTO DE MEDIÇÃO INTELIGENTE

A regulamentação sobre redes inteligentes está em fase inicial no Chile. Em fevereiro de 2012, o governo chileno afirmou na “Estratégia Nacional de Energia 2012-2030”, que seria analisada a viabilidade técnica e econômica de redes inteligentes, considerando-se suas vantagens e o valor de seu benefício social e econômico.

Em paralelo, em março de 2012 foi publicada a “Ley 20.571 de Medición Neta”, que permite implantação de geração distribuída. Além disso, no início de 2013 o Ministério da Energia contratou uma consultoria internacional para estabelecer um roteiro para a implementação das redes inteligentes.

Diante dessa tendência tecnológica, a Chilectra, *Compañía Chilena de Electricidad*, tem desenvolvido desde o final de 2011 um projeto piloto de medição inteligente em 100 clientes residenciais.

Preliminarmente, a empresa obteve a certificação dos respectivos medidores inteligentes na Superintendência de Eletricidade e Combustíveis-SEC (Chile), com a finalidade de utilizar esses equipamentos para faturamento.

No projeto piloto de medição foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- 1 – Testadas as funcionalidades dos medidores nas condições nas redes de energia e infraestrutura de telecomunicações disponíveis em Santiago;
- 2 - Verificados os benefícios para os clientes; e
- 3 - Identificadas, em conjunto com as autoridades do estado, as modificações regulamentares que tornam viável a massificação dessa tecnologia no Chile.

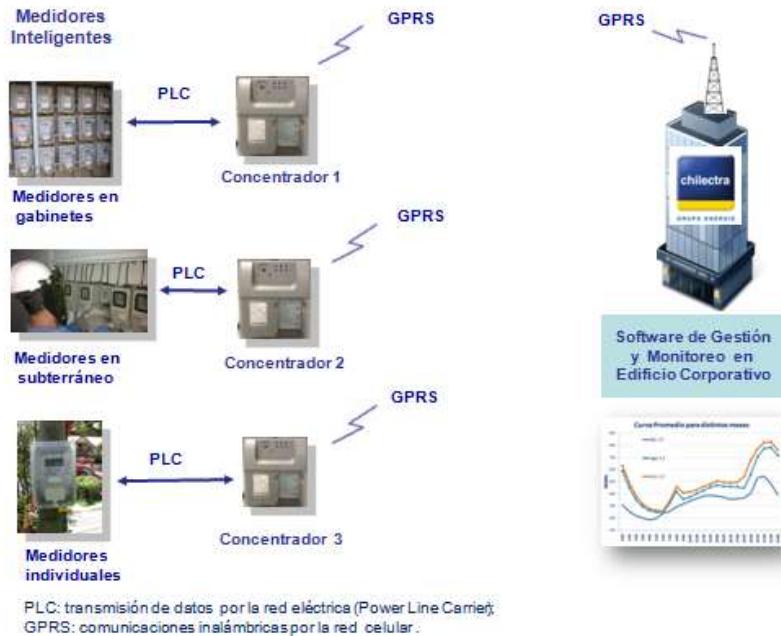
3.2.1 Visão geral da tecnologia de medidores inteligentes utilizada

O sistema de gerenciamento remoto é composto por equipamentos de campo (medidores inteligentes e concentradores) e um *software* de gestão especializada. Este *software* permite a programação, operação e leitura remota de medidores, em coordenação com a informação comercial dos respectivos clientes.

O concentrador é um elemento intermediário entre o medidor inteligente e os sistemas técnicos e comerciais da distribuidora. Este equipamento é instalado próximo dos transformadores de distribuição. No piloto da Chilectra, foi utilizado o protocolo de comunicação aberta que é conhecido pelo nome de *Meter and More*. As informações extraídas pelo concentrador são enviadas para a distribuidora através de GPRS, conforme ilustrado na Figura 19.

A Chilectra vem implementado o piloto de gerenciamento remoto através de medição inteligente em 100 clientes residenciais na comuna de Huechuraba, em Santiago. Foram abrangidos três segmentos de clientes, pertencentes a diferentes grupos socioeconômicos que possuem diferentes padrões construtivos em suas respectivas habitações.

Figura 18 - Estrutura funcional do piloto de medição inteligente da Chilectra



Fonte: Chilectra (2014).

3.2.2 Principais resultados obtidos

O projeto piloto obteve frutos satisfatórios, com bons resultados nos testes de sistema. Observa-se que foram respeitadas as condições existentes na atual regulamentação vigente no Chile e que foi utilizada a estrutura de telecomunicações disponível em Santiago, bem como que não houve qualquer adaptação nas redes elétricas que já estavam instaladas. Da experiência, destaca-se o seguinte:

- É tecnicamente viável implementar massivamente no Chile um sistema de gestão remota com medidores inteligentes. As tecnologias de comunicação empregadas, (GPRS, PLC e protocolo de comunicação aberto) tornam possível operar remotamente uma gama de recursos.
- Foram realizadas, com êxito, diferentes testes das funcionalidades do sistema (leitura remota do consumo de energia a cada quinze minutos, obtenção do perfil de consumo diário e horário, desconexão

e reconexão dos consumidores, reprogramação da potência contratada e programação de tarifa horária).

- Obteve-se uma taxa de efetividade de 99,09% nas leituras remotas, no período de maio de 2012 a maio de 2013.
- O sistema não apresentou falhas para registro de consumo e faturamento dos clientes, não tendo ocorrido reclamações de clientes.
- Foram enviados relatórios personalizados para os clientes com o seu consumo, incluindo uma comparação com o consumo médio de seus vizinhos e dicas de eficiência energética.

Embora tenha concluído a fase de testes técnicos, a Chilectra continua monitorando o sistema de gestão remota com medidores inteligentes e implementadas mediante as seguintes atividades:

- Disponibilização a um conjunto limitado de clientes uma tarifa horária, a fim de analisar o seu efeito na mudança do perfil de consumo.
- Realização de pesquisas sobre a percepção e satisfação com os serviços prestados por esta nova tecnologia.
- Difusão e comunicação dos resultados e dos benefícios do piloto à comunidade em geral, às autoridades e a formadores de opinião.

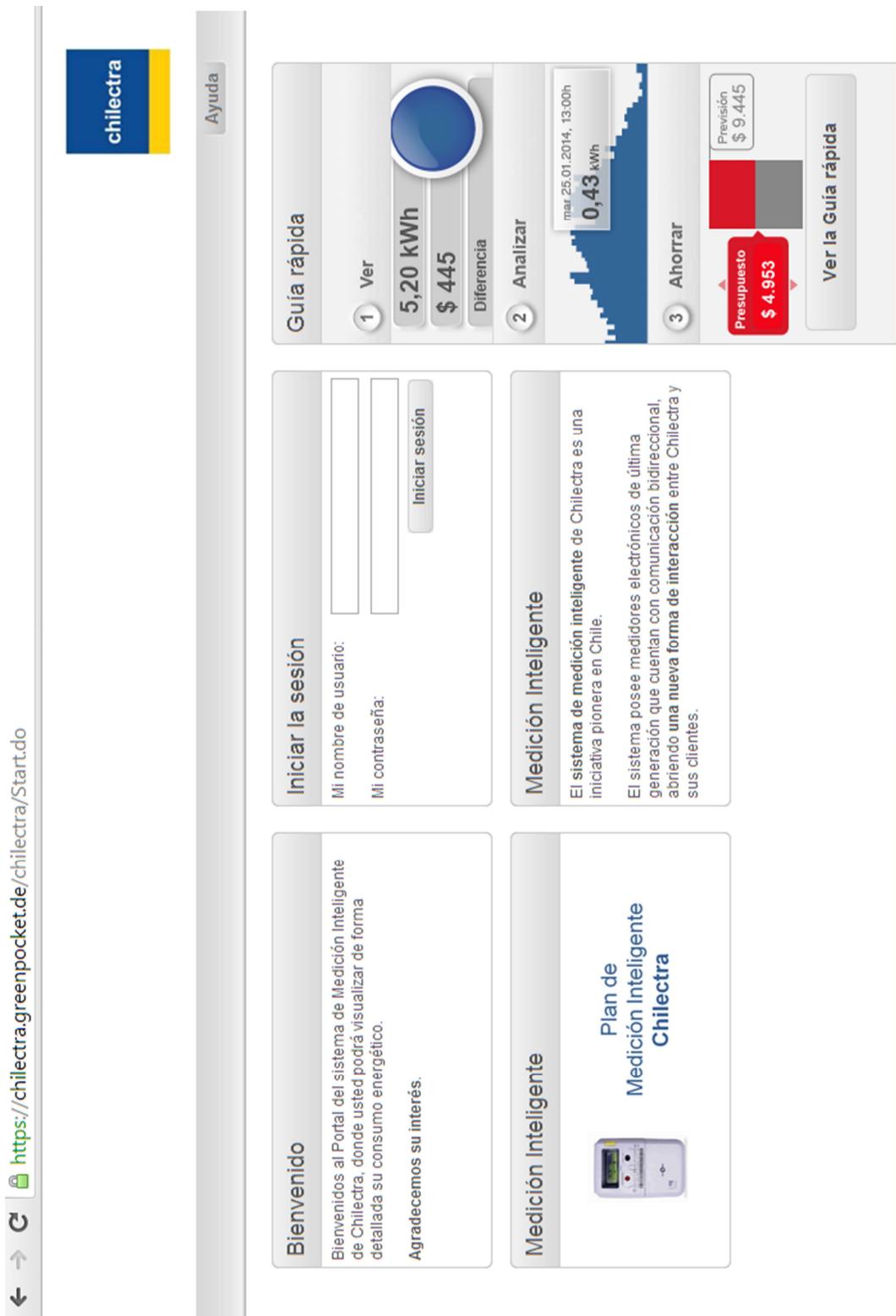
Está em fase final de testes um aplicativo que permite aos clientes visualizar o seu consumo e outras informações em um *site* da web (Figura 20 e Figura 21). Este aplicativo está sendo desenvolvido em parceria com a empresa alemã GreenPocket⁵.

O aplicativo ainda não foi disponibilizado aos clientes e servirá apenas como um visualizador. Por ele, poderão ser obtidas informações relativas ao seu consumo (real e estimado), informações referentes a como economizar energia, comparativos com o consumo médio de seus vizinhos, entre outras.

Cabe ainda ressaltar que as informações relativas aos consumos são repassadas pela Chilectra à GreenPocket, não tendo esta empresa acesso remoto aos clientes, posto que o relacionamento comercial dos clientes é feito exclusivamente pela Chilectra.

⁵ Sítio internet da Empresa GreenPocket: <http://www.greenpocket.de/>.

Figura 19 - Tela de acesso ao sistema



Fonte: Sítio internet da Empresa GreenPocket: <http://www.greenpocket.de/chilectra/>.

Figura 20 - Disponibilização do gasto estimado de energia



Fonte: Sítio internet da Empresa GreenPocket: <http://www.greenpocket.de/chilectra/>.

A implantação em massa de medição inteligente no Chile ainda requer uma avaliação mais aprofundada por parte das autoridades, da concessionária, dos consumidores e mudanças regulatórias nos seguintes aspectos:

- A maneira de ressarcir a mudança tecnológica com a substituição de medidores tradicionais por medidores inteligentes.
- Regulamentação sobre a propriedade dos medidores. Atualmente, no caso de Chilectra, 72% dos medidores são de propriedade dos clientes. Este aspecto traz a obrigatoriedade de aceitação da comunidade para uma substituição massiva do parque de medição.
- Quantificar e qualificar as vantagens para o sistema elétrico, para os clientes e para a sociedade, incluindo os benefícios sociais e ambientais oriundos da implementação da medição inteligente.

4 PLATAFORMA INTERATIVA DE SERVIÇOS AO USUÁRIO FINAL DE REDES INTELIGENTES

Utilizando os conceitos abordados ao longo deste trabalho, tanto os referentes a redes inteligentes e às funcionalidades do medidor inteligente, como os pautados na interatividade propiciada pelo uso do canal de retorno da TV digital brasileira via *set-top box*, será proposto neste capítulo a estruturação de uma plataforma interativa de serviços ao usuário final das redes inteligentes.

Para subsidiar a criação da mencionada plataforma, este trabalho detalhou a experiência da Chilectra referente ao desenvolvimento de um projeto piloto de medição inteligente. No mencionado projeto piloto foram feitos testes de funcionalidade dos medidores nas condições nas redes de energia e infraestrutura de telecomunicações disponíveis em Santiago. Com a utilização das informações adquiridas na medição inteligente e enviadas pela internet aos sistemas computacionais e banco de dados da Chilectra, está em fase de testes uma interface que será disponibilizada aos usuários finais das redes inteligentes de Santiago, para tratamento e armazenamento dos dados. A interface, que pode ser visualizada em um *site* de internet, permite aos clientes obterem seu consumo de energia atual, bem como o histórico de consumo, além de poder fazer simulações de viabilidade para mudança de enquadramento tarifário, entre outras funcionalidades que estão sendo implementadas.

A plataforma proposta neste trabalho utiliza como interface ao usuário final o cenário com o canal de retorno (conexão à Internet) para a disponibilização de serviços interativo, ou seja, o cenário com o canal de retorno que permite serviços *on-line* com a atualização de informações em tempo real.

Diante do acima elencado, com as informações de faturamento obtidas do medidor inteligente armazenadas nos sistemas e banco de dados da concessionária, será possível de se disponibilizar uma informação personalizada para determinado usuário (aviso diversos, segunda via de fatura, histórico de consumo, etc.). Com a estrutura é possível também prover serviço de atendimento ao consumidor (SAC), oferta e comercialização de novos serviços, enquetes.

4.1 DIAGRAMA DE BLOCOS

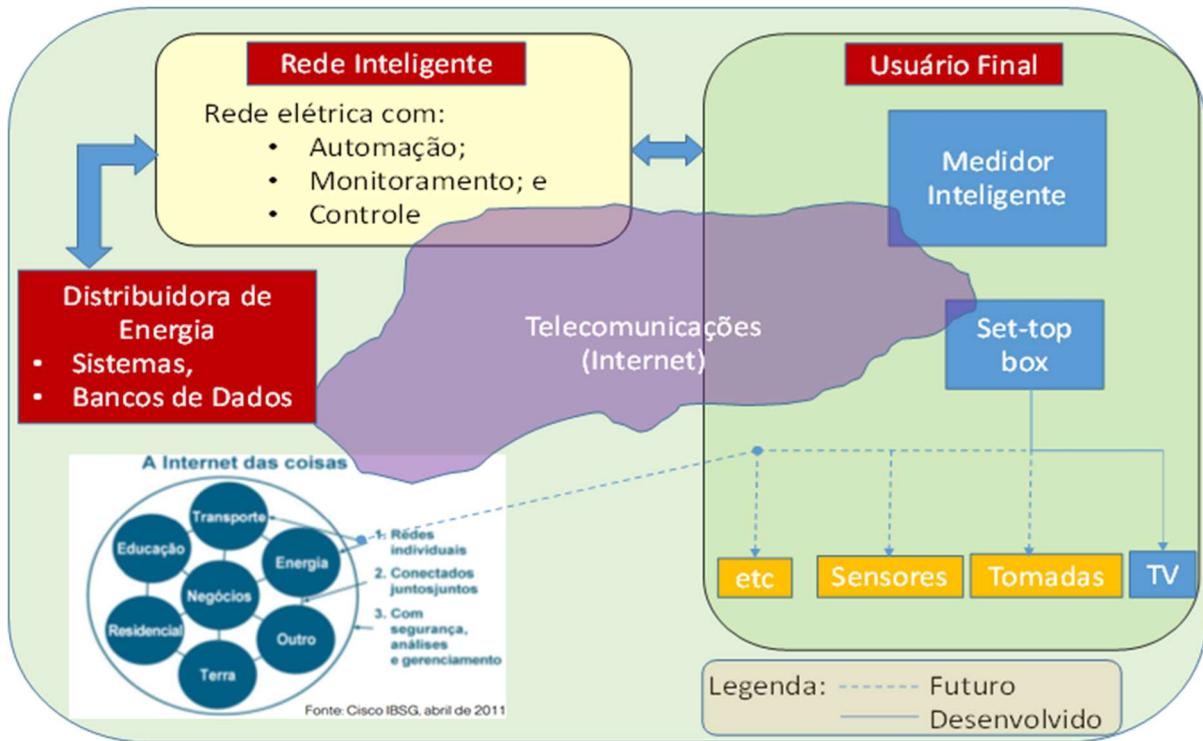
A Internet das coisas, algumas vezes referida como a Internet dos objetos, é mais uma evolução da internet. Com os seus sensores ubíquos e sistemas conectados, a internet das coisas disponibilizará mais informações com a possibilidade de controle remotamente, dando um grande salto na capacidade de coletar, analisar e distribuir dados.

É apresentado na Figura 22 o diagrama de blocos da plataforma interativa de serviços ao usuário final de redes inteligentes. A plataforma baseia-se na infra-estrutura de telecomunicações propiciada pelas redes inteligentes, das informações disponibilizadas pelo medidor inteligente e da interface ao usuário final de redes inteligentes via *set-top box*. No contexto deste trabalho foi proposta arquitetura da interface ao usuário final e, como aspecto de implementação, o hardware e software do *set-top box* foi prototipado no projeto “Mecanismo de comunicação entre concessionárias e clientes baseada na TV – METAL”, que foi um projeto implementado no âmbito do Programa P&D COELCE/ANEEL utilizando recursos financeiros provenientes da Lei 9.991/2000.

A plataforma em referência é composta pelos seguintes blocos:

- **Rede inteligente:** rede elétrica que baseia-se na utilização intensiva de tecnologia de automação, computação e comunicação para seu monitoramento e controle;
- **Medidor inteligente:** medidor de energia elétrica que incorpora funções de aquisição, análise e comunicação de dados; e
- **Set-top box (TV):** Equipamento desenvolvido que pode disponibilizar um canal de comunicação, via internet, das concessionárias de energia com os seus clientes, utilizando as atuais televisões;

Figura 21 - Diagrama de blocos da plataforma de interatividade serviços aos usuários finais de redes inteligentes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi levado em conta no desenvolvimento da plataforma que a rede inteligente deve, por exemplo, prover Internet através de PLC e GPRS ao medidor inteligente visando a aquisição online e remota de dados medidos. Estes dados devem ser enviados e armazenados no banco de dados da concessionária.

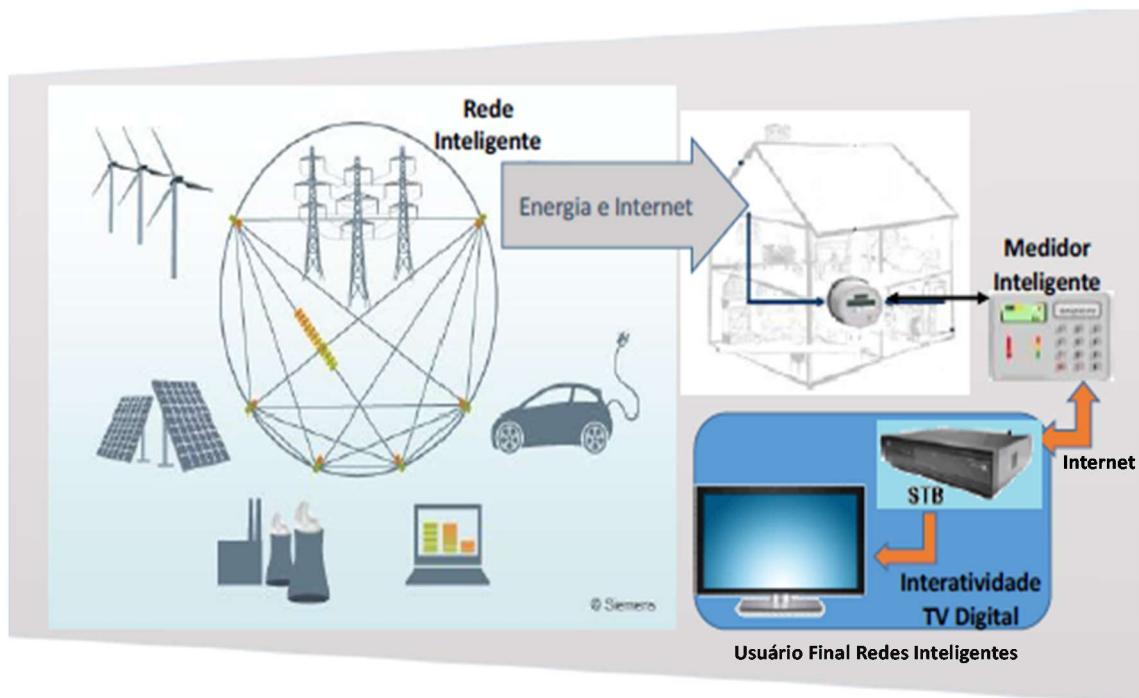
O *set-top box*, que ainda está em desenvolvimento, deve ter o sinal de internet disponível, que poderá ser provido diretamente pelo sinal que chega ao medidor ou mesmo por qualquer outra fonte de internet disponível na residência do usuário final de redes inteligentes.

4.2 CENÁRIO DE APLICAÇÃO

A Figura 23 (COSTA *et al.*, 2013) constante em trabalho deste autor e apresentada em Congresso, exibe o cenário de aplicação da plataforma interativa de serviços ao usuário final de redes inteligentes que foi exposta através do diagrama de blocos da Figura 22. Referida figura demonstra a integração da concessionária

com o usuário final das redes inteligentes, através da medição inteligente (mede as grandezas elétricas e está conectado por um *link* de internet à concessionária), que tem como interface um *set-top box* da TV digital.

Figura 23 - Cenário de aplicação da plataforma interativa e serviços aos usuários finais de redes inteligentes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Destaca-se que a rede inteligente, no cenário apresentado na Figura 24, além de fornecer energia elétrica, deve propiciar o sinal de internet ao medidor inteligente da unidade consumidora.

Um outro ponto a ser destacado nesta plataforma é a interface ao usuário final de redes inteligentes se dá através do *set-top box*, via canal de retorno. Neste contexto, a rede inteligente conectada à medição inteligente proporciona na TV do usuário um canal de interatividade e serviços, via *set-top box*.

4.3 FUNCIONAMENTO DA PLATAFORMA

Para o funcionamento dessa plataforma, está sendo proposto que as medições de grandezas elétricas, principalmente consumo de energia elétrica, sejam

transferidos do medidor inteligente diretamente ao banco de dados da concessionária, para tratamento por seu sistema de faturamento e posterior disponibilização na televisão do usuário final das redes inteligentes, via *set-top box*.

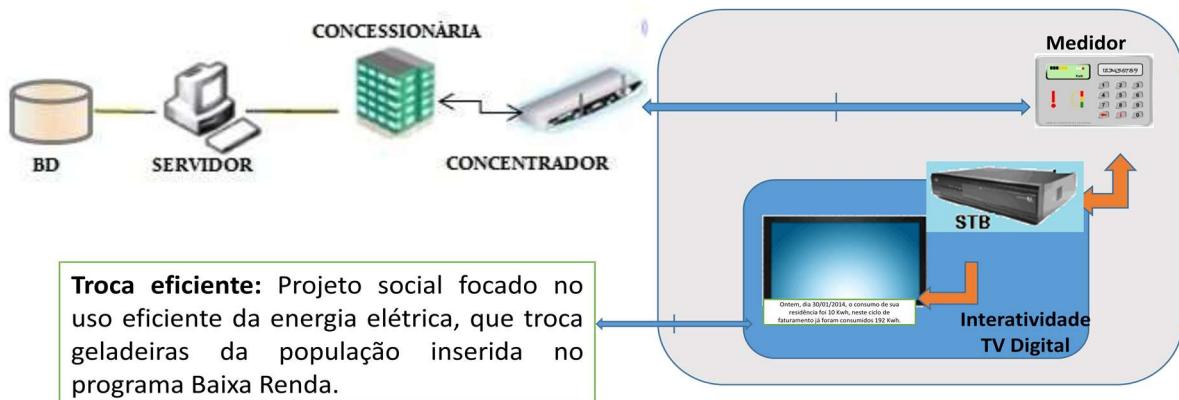
A necessidade do tratamento de dados deve-se ao fato de as concessionárias de energia serem regidas por legislação específica que as obriga a sempre fornecer informações consistentes e que podem ser utilizadas no faturamento mensal do respectivo usuário final.

As funcionalidades desta plataforma baseiam-se na identificação individual de cada *set-top box*, que se dá por meio do endereço IP e respectiva senha, cadastrados previamente pela concessionária.

Através das Figuras 24, 25 e 26, são mostrados exemplos do funcionamento da plataforma interativa de serviços aos usuários finais de redes inteligentes.

A Figura 24 mostra o envio de informação referente a um programa institucional. A mensagem, neste caso, será direcionada a todos os usuários que possuírem o *set-top box*, sendo, portanto, um meio de divulgação de campanhas abrangentes de comunicação através de mensagens *broadcast*.

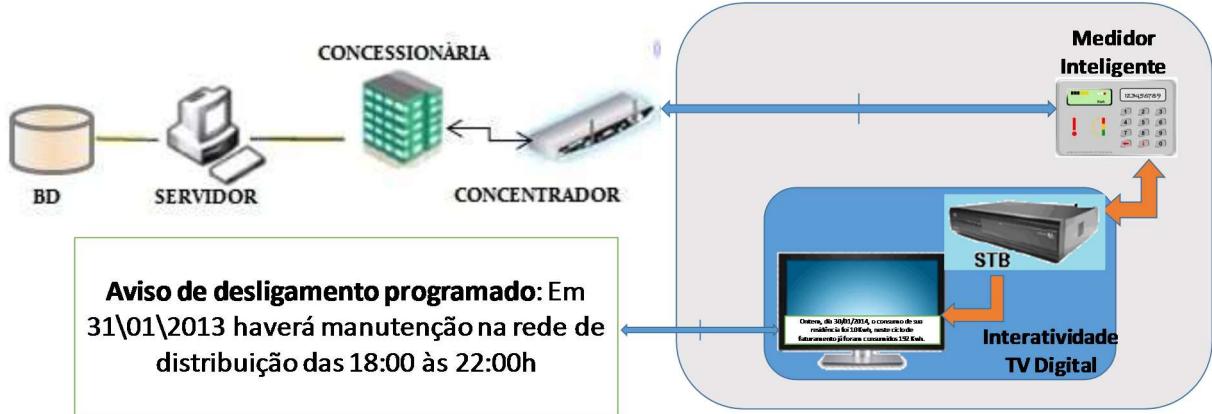
Figura 24 - Envio de mensagem broadcast



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 25 mostra o envio de informação referente a desligamento programado. Este tipo de mensagem deverá ser direcionado unicamente aos usuários que serão atingidos pelo corte programado.

Figura 25 - Envio de mensagem a um grupo de usuários finais



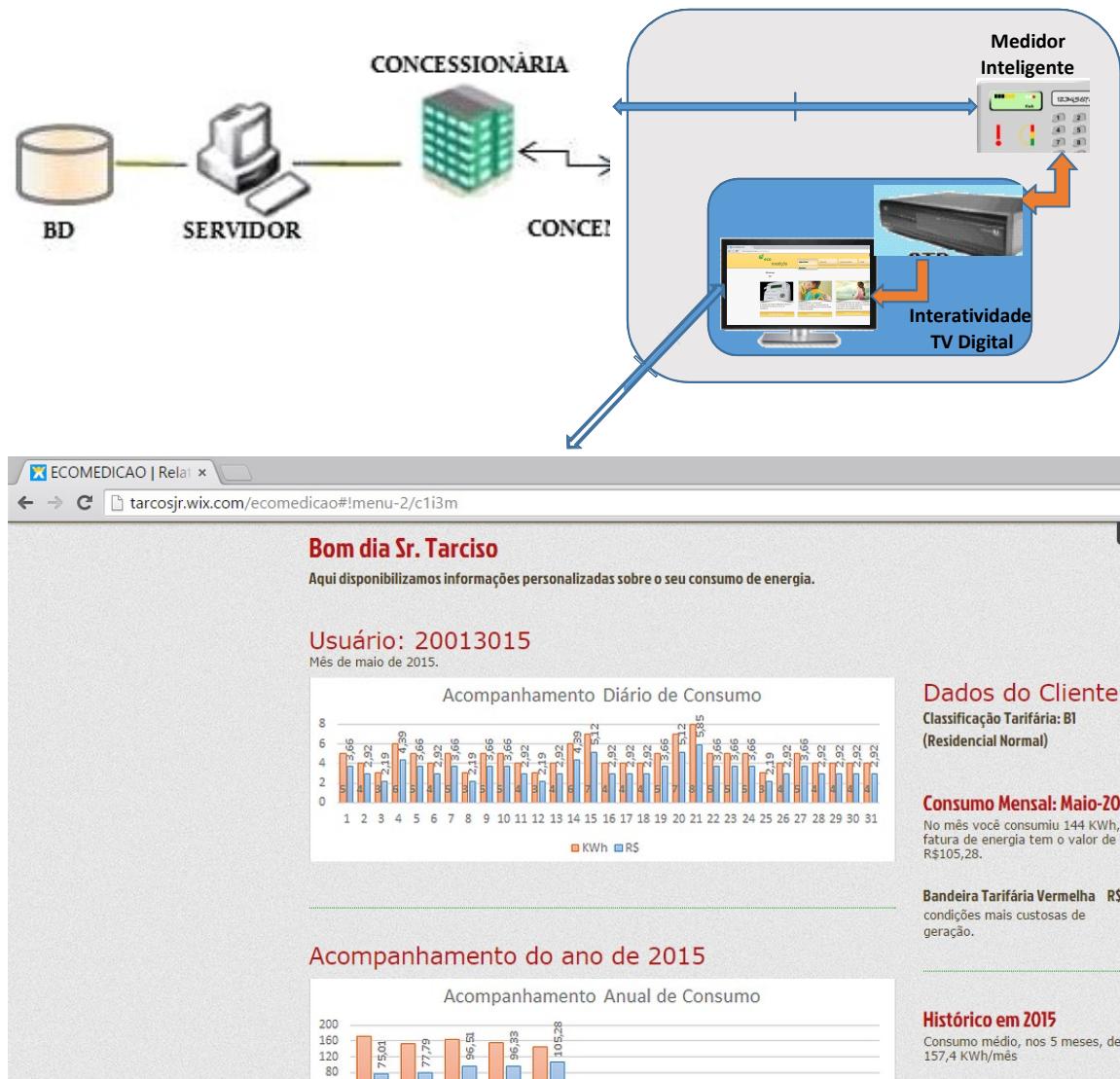
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o envio da mensagem de aviso de desligamento programado, Figura 26, será utilizado o cadastro elétrico da concessionária que, em conjunto com o sistema comercial da distribuidora, deverá gerar o aviso para que o sistema de gerenciamento direcione a mensagem aos respectivos usuários finais que possuem *set-top boxes* cadastrados na área elétrica abrangida pelo corte.

O *set-top box* desenvolvido contempla a disponibilização de acesso a *sites* de internet. Utilizando-se desta funcionalidade é mostrado na Figura 26 a disponibilização de informações de consumo de energia da unidade consumidora, tais como o seu consumo em meses anteriores ou mesmo a simulação de enquadramento em outro regime tarifário. A proposta é prover um meio de interação direta, bidirecional, com a Concessionária.

O *site* que foi desenvolvido, contido na Figura 26, deve ser acessado com as informações pré cadastradas no *set-top box* referentes ao número de usuário e senha, visando garantir a individualidade das informações de cada unidade consumidora de energia.

Figura 26 - Disponibilização de site internet via set-top box

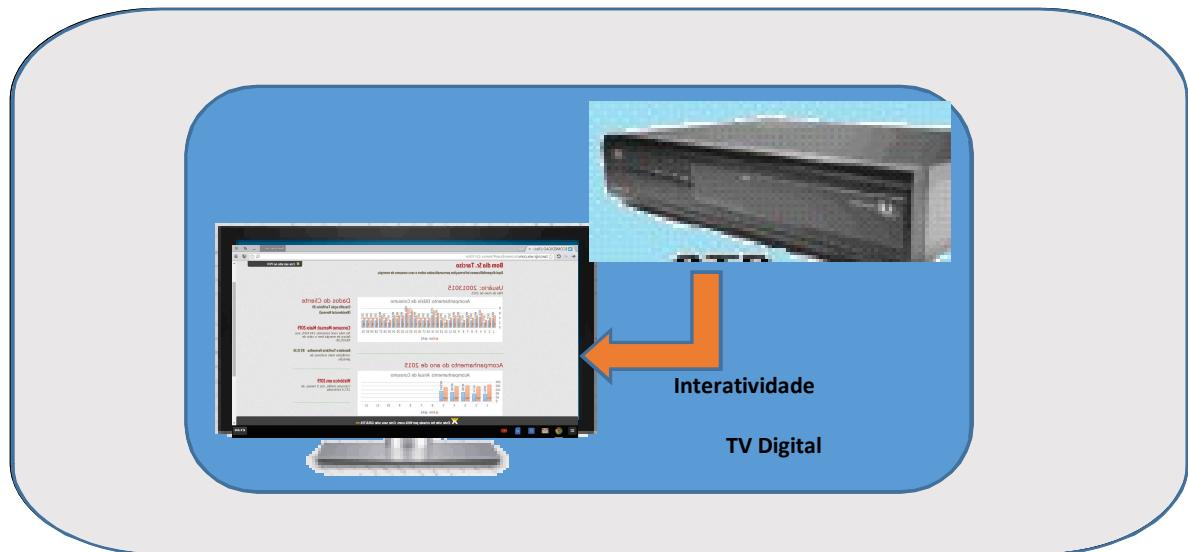


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 ARQUITETURA DA INTERFACE AO USUÁRIO FINAL

A interface com o usuário final das redes inteligentes, que é parte da plataforma de interatividade e serviços, foi concebida com o desenvolvimento de *set-top box* para a TV digital brasileira, Figura 27.

Figura 27 - Interface com o usuário final das redes inteligentes através de set-top box

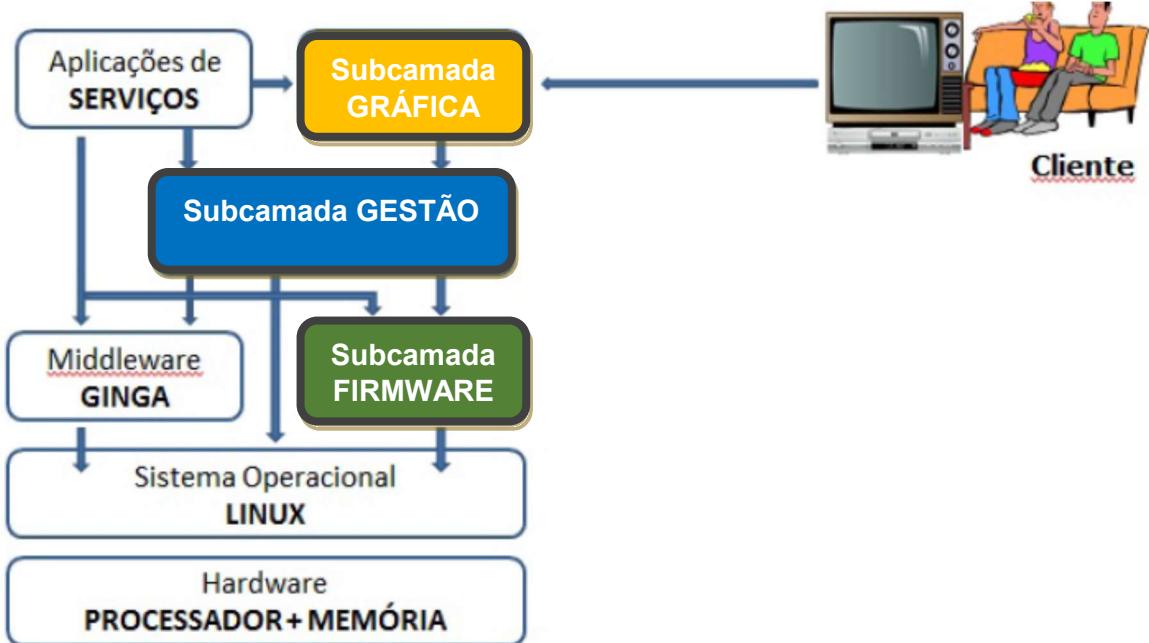


Fonte: Elaborado pelo autor.

O principal componente desenvolvido foi a camada de *software, layer*, agregada ao *hardware/firmware* do *set-top box* utilizado no modelo brasileiro de TV digital. Também foi desenvolvido um componente de *hardware* para a adequação ao projeto de infra-estruturas computacionais disponíveis no mercado. Finalmente, foram implementadas interfaces para aplicações interativas entre concessionária e cliente. A agregação destes três componentes, Figura 28, à arquitetura do modelo do Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD-T) permitirá novos cenários de serviços interativos dedicados do setor de energia, tais como:

- 1 - Cenário mais simplificado: tem-se apenas os serviços relativos às aplicações residentes no *set-top box*, além de serviços disponibilizados via transmissão de programas de TV (*broadcast*). Este cenário não permite atualizações “on-line” das informações. Exemplos de serviços: Orientações do uso racional de energia, ECOELCE, aviso de desligamentos, “dicas” de primeiros socorros, etc.
- 2 - Cenário com o canal de retorno (**conexão à Internet**): permite serviços “on-line”, bem como a atualização de informações em tempo real. Percebe-se neste cenário, típicos de um modelo cliente-servidor, que o processo interativo do cliente com a concessionária é pleno. Exemplos de serviços: Enquetes, informação personalizada para determinado usuário (aviso diversos), serviço de atendimento ao consumidor (SAC), oferta e comercialização de novos serviços.

Figura 22 - Arquitetura lógica



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 28, apresenta as seguintes subcamadas que compõem a camada de *software* da interface ao usuário final das redes inteligentes:

- 1 - Subcamada Gráfica (nível de aplicação), contendo as interfaces (APIs) dedicadas à produção de conteúdo específico;
- 2 - Subcamada *Firmware* (baixo nível) contendo chamadas às bibliotecas associadas ao processador do *set-top box*;
- 3 - Subcamada Gestão (transversal às outras duas) contendo chamadas ao sistema operacional, incluindo persistência de dados, controle de drives para acesso ao canal de retorno (Internet, por exemplo) e acesso às funcionalidades do GINGA, o *middleware* do SBTVD.

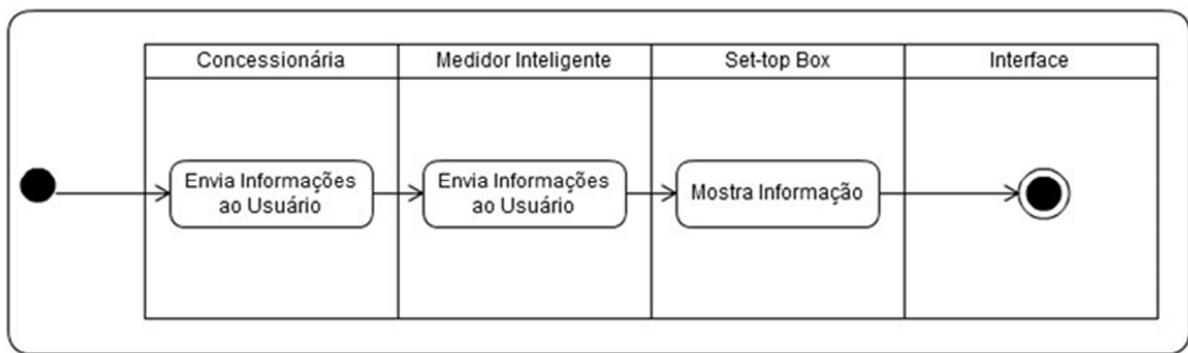
4.5 ESPECIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS

Abaixo é feita uma classificação dos cenários de serviços a serem disponibilizados pela plataforma interativa de serviços. São também apresentados exemplos de cada um deles:

- 1 – Fornecimento de informações de interesse do usuário final:

- Informe individualizado de desligamento programado, Figura 29;
- Vídeos e textos educativos sobre o uso racional de energia;
- Informações sobre projetos e/ou programas institucionais.

Figura 23 - Diagrama de atividade do fornecimento de informações de interesse do usuário final

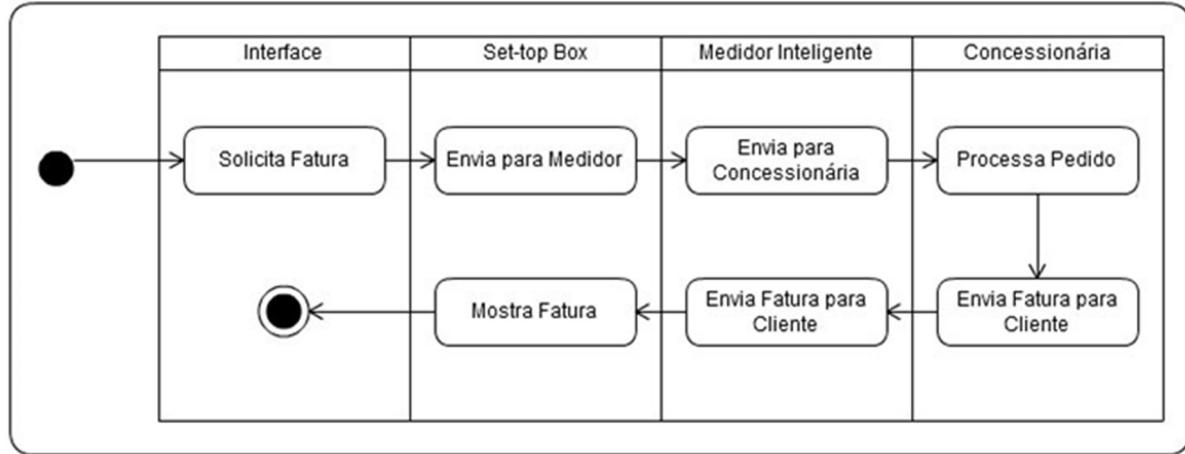


Fonte: Elaborado pelo autor.

2 – Relacionamento com o usuário final:

- Canal de denúncias de fraude através de E-Mail;
- Solicitação da 2^a via de fatura mensal, Figura 30;
- Pesquisas de satisfação.

Figura 24 - Diagrama de atividade da solicitação de 2^a via de fatura mensal de energia do usuário final

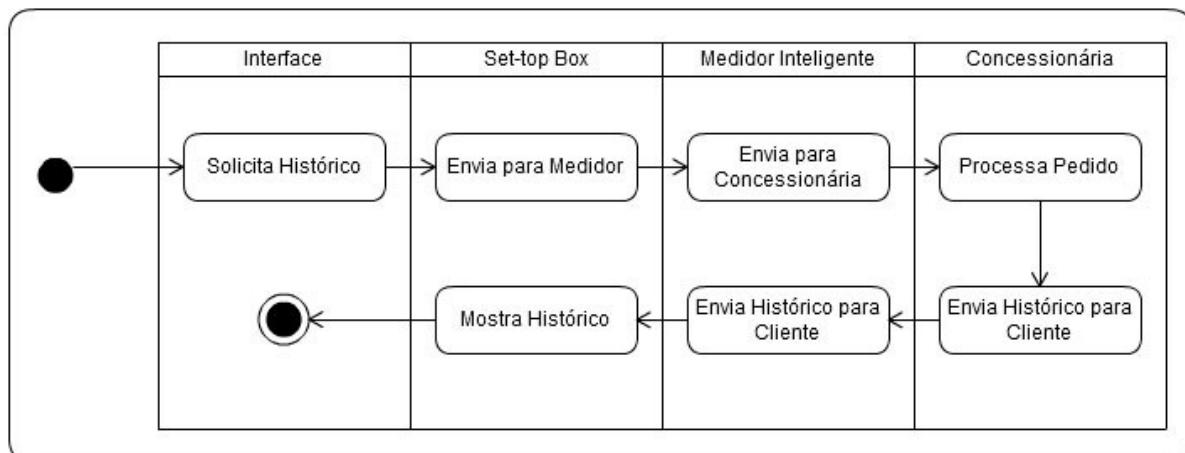


Fonte: Elaborado pelo autor.

3 - Faturamento:

- Relatórios gráficos de consumo de energia, Figura 31;
- Simulações de faturas com tarifas diferenciadas em postos horários;
- Venda de créditos de energia pré-paga.

Figura 25 - Diagrama de atividade da emissão de relatório gráfico de consumo de energia



Fonte: Elaborado pelo autor.

5 ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA PLATAFORMA

A plataforma apresentada através do diagrama de blocos exposto na Figura 22 é composta por: rede Inteligente, medidor Inteligente e *set-top box* (TV) que é a interface que está sendo proposta para que as concessionárias de energia possam interagir e prestar serviços ao usuário final das redes inteligentes de sua área de concessão.

No contexto deste trabalho foi desenvolvido e está em fase de testes o bloco relativo ao *set-top box* (TV), este equipamento serve como interface de interatividade e serviços nas residências de usuários finais das redes inteligentes.

A proposta é que através do *set-top box* possam ser disponibilizadas, por exemplo, as seguintes funcionalidades relativas a interatividade e serviços:

- **Fornecimento de informações de interesse do usuário final:** informe individualizado de desligamento programado; vídeos/textos educativos sobre de uso racional de energia; cadastro de eletrodependente na residência e informações sobre projetos e/ou programas institucionais.
- **Relacionamento com o usuário final:** canal de denúncias de fraude através de T-Mail; informações sobre ressarcimento de aparelhos queimados; solicitação da 2^a via de fatura mensal, e pesquisas de satisfação.
- **Faturamento:** Relatórios gráficos de consumo de energia; simulações de faturas com tarifas diferenciadas em postos horários; pagamento eletrônico de faturas; venda de créditos de energia pré-paga e demonstrativos de microgeração da residência.

A citada implementação foi possível por meio do projeto “Mecanismo de comunicação entre concessionárias e clientes baseada na TV – METAL”, que foi um projeto implementado no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da COELCE/ANEEL por meio dos recursos financeiros provenientes da Lei 9.991/2000. É importante registrar que o autor deste trabalho participou do desenvolvimento e implementação do projeto em referência.

5.1 PROTOTIPAGEM DO *HARDWARE*

Set-top box é o termo genérico usual para descrever o elemento de *hardware* que é conectado à TV para ampliar o potencial deste eletrodoméstico. Tipicamente, esta expansão envolve elementos de *hardware*, como um receptor/sintonizador de TV via satélite ou TV digital (ISDB-T) e/ou elementos de *software*, como um navegador Web ou reproduutor de vídeos pessoais.

As necessidades básicas que o *set-top box* atende consistem, essencialmente, em:

- Conectividade com a Internet para atualização de conteúdo e um sintonizador de TV digital com saídas digital; e
- Conectividade analógica para o aparelho de TV.

De forma a complementar as necessidades básicas do *set-top box* e, ao mesmo tempo, visando alinhar o dispositivo com as demandas de mercado, foram incluídos no conjunto os seguintes itens: um *Hub USB* para expandir a gama de periféricos a serem utilizados (como *pendrive*, *hd* externo, teclado, mouse etc.), conectividade via *Wi-Fi* (wireless) e um meio de armazenamento interno (*SD Card*).

O *hardware* do dispositivo (*set-top box*) foi desenvolvido para atender os requisitos propostos. Este *hardware* é formado por uma placa de periféricos, com todos os componentes necessários em cada funcionalidade, e uma placa de processamento, com CPU e memória.

A seguir são descritos os principais componentes do *set-top box* que foi desenvolvido.

5.1.1 Sintonizador de TV digital

O principal componente envolvido no desenvolvimento é o *Tuner* – sintonizador de TV Digital do padrão brasileiro (ISDB-T). Foi escolhido o sintonizador Siano SMS2270, responsável pela etapa de recepção e demodulação do sinal de TV Digital, adequado ao padrão brasileiro (ISDB-T). Este elemento é um ponto crítico do projeto em função de dois aspectos inerentes à sua função: alta frequência de rádio

(~400Mhz - ~800Mhz) e alta sensibilidade aos ruídos externos, uma vez que o sinal de TV aberta possui baixa intensidade.

O *Siano* SMS2270, sintonizador selecionado para o projeto, oferece uma solução de um único *chip* (9mm x 9mm x 0.9mm BGA, 0.8mm *pitch*, 116 pins) com total suporte ao padrão ISDB-T.

5.1.2 Hub USB

Hub USB 2.0 4x1 AU9254A21 é o responsável por multiplicar as portas USB *host* disponíveis na placa de CPU. Incorporá-la na placa de periféricos permite uma maior independência de fornecedor para a placa de CPU, aumentando as possibilidades. Possui como pontos importantes do *design* o adequado controle da impedância diferencial das trilhas na placa de circuito impresso por se tratar de circuito digital de alta velocidade (480Mbit/s máximo) – bem como a estabilidade do cristal oscilador.

O Hub USB *controller* AU9254A21 (28-pin SSOP package) é um único chip que controla até 4 portas USB 2.0 *downstream*, atendendo a versão 1.1 das especificações do padrão USB. Possui um regulador interno de voltagem 3.3V e funciona em uma frequência de 12MHz.

5.1.3 Fontes de alimentação

Foram projetadas 4 (quatro) fontes de alimentação para a placa de periféricos: Fonte 5V \pm 5%: controlador UA7805, Fonte 3.3V \pm 5%: controlador TC1014-3.3VCT, Fonte 1.8V \pm 5%: controlador TPS73118DBVR e Fonte 1.2 \pm 5%: controlador LM3671MF-1.2.

5.1.4 Placa de periféricos

A placa de periféricos, Figura 32, foi implementada em fibra de vidro FR4 em 4 camadas, sendo duas camadas para sinais e duas camadas para os planos de alimentação.

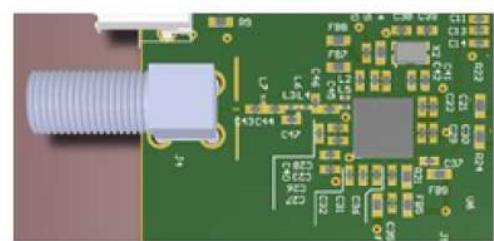
Foi utilizado um empilhamento de camadas adequado para prover a impedância de 50 Ohms nas trilhas de RF e 100 Ohms diferenciais nas linhas de

transmissão USB. Nesta placa foram inseridos: *Tuner* (sintonizador), Hub USB, Wi-Fi e as fontes de alimentação necessárias. Em termos de conexões, a placa possui 3 interfaces USB 2.0, 1 *interface mini-USB*, conexão para a antena de TV Digital, RCA, e a conexão com a placa de processamento.

Figura 26 - Placas de periféricos e de processamento



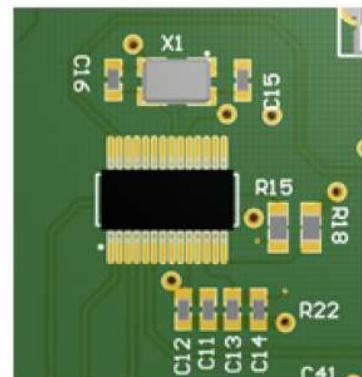
Imagen 3D da placa de periféricos



Detalhe do Tuner e Antena



Teste da placa em laboratório



detalhe Hub USB

Fonte: Oliveira (2014a).

5.1.5 Placa de processamento

A placa de processamento agrupa as funcionalidades de processamento e memória RAM. A arquitetura escolhida seguiu a tendência do mercado para dispositivos deste tipo, com a utilização de um processador ARM com unidade de vídeo 2D incorporada. Neste cenário os dois processadores testados e viabilizados tecnicamente são o BCM2220 da *Broadcom* e o A10/A20 da *Allwinner*. Quanto ao armazenamento interno foi utilizado o SD Card class 10 com 32GB, que garante a velocidade de acesso necessária ao projeto.

5.2 SOFTWARE

5.2.1 Camada gráfica

A camada gráfica do set-top box diz respeito à interface de interação através da qual o cliente fará uso de todas as funcionalidades e aplicações previstas no projeto.

O *design* da interface gráfica é importante para que o usuário do *set-top box* possa utilizar adequadamente os recursos tradicionais de uma TV, os novos recursos propostos pela TV Digital Interativa, as funcionalidades de *Media Center*, assim como as aplicações desenvolvidas especificamente para a COELCE, incluindo neste último o conteúdo COELCE, notificações, enquetes, informações de conta etc.

Conceber o *design* de interface foi um processo que levou em consideração a característica e recursos do equipamento, o cumprimento dos requisitos, a identidade visual da COELCE, a usabilidade e o perfil/experiência do usuário.

5.2.1.1 *Design* de interface para a TV

O desenvolvimento da TV Digital Interativa estabelece a necessidade de repensar a relação entre emissor e receptor, principalmente atribuindo ao antigo “telespectador” o papel de usuário, capaz de interagir com o conteúdo televisivo até então recebido passivamente.

Essa interação, por sua vez, obriga mudanças em vários níveis, tais como a produção de conteúdo e o desenvolvimento de dispositivos, dando ênfase à interface que permite tal interação.

Com o uso de um *set-top box* o acesso aos canais de conteúdo aberto é apenas um entre os vários recursos incorporados ao aparelho de TV, que se torna mais um periférico do computador do que um dispositivo autônomo. A interface para operar esses recursos, neste caso, é ainda mais complexa por lidar com aplicações providas pelo *set-top box*, ao mesmo tempo em que se mantém o uso convencional da TV.

Entre as novas funcionalidades adicionadas pelos *Set-top boxes* estão: PVR (*Personal Video Recorder*), IPTV, *Media center*, além de conexão com a Internet para uso de aplicações e serviços de vídeo e áudio.

A interface deve possuir, portanto, algumas características (ou qualidades): ser objetiva, agradável, fácil, intuitiva, simples, moderna, acessível, também herdando elementos comuns de interação na TV e a aproveitando ao máximo a experiência do usuário.

Além dos aspectos levantados anteriormente, o próprio aparelho de TV possui características que o tornam essencialmente diferente de outros dispositivos, gerando novos pontos a serem considerados e analisados durante a concepção da interface:

- Em geral as pessoas esperam da TV um conteúdo de mídia para entretenimento, e não o mesmo tipo de conteúdo/aplicações quando estão diante do computador;
- Diferentemente de que nos computadores, na TV o usuário está mais “passivo” e quer geralmente apenas assistir o conteúdo de mídia, realizando o mínimo de operações possível;
- O controle remoto é o principal (ou único) dispositivo para interface, com características e dificuldades de operação, principalmente na entrada de dados;
- Usuários estão distantes fisicamente do aparelho de TV;
- Diferente tamanho da tela, resolução, qualidade, margens seguras e proporção de pixel;
- Ambiente da TV é geralmente familiar, na sala, e acessível a várias pessoas simultaneamente;
- O ambiente é menos iluminado, ou até totalmente escuro, para assistir determinados tipos de mídia (como filmes), e é associado ao aspecto de conforto e relaxamento inerente ao uso da TV;
- A expectativa do usuário é diferente em relação ao tempo de resposta, sons, animações, qualidade e facilidade de uso na interface.

No contexto onde um conteúdo está disponível tanto no computador quanto na TV, as diferenças técnicas do aparelho de TV, como visto anteriormente, modificam a forma como o usuário interage e consome esse conteúdo.

5.2.1.2 Interação com o usuário e usabilidade

A usabilidade é um campo de estudo que tem como objetivo promover e desenvolver conceitos, teorias, parâmetros e métricas que contribuam para a concepção de interfaces que sejam fáceis para o usuário. Tornar uma interface mais fácil e intuitiva requer uma multidisciplinaridade que inclui ergonomia, computação, psicologia e *design*. Em especial, o “*Design de Interação*” é o principal responsável por criar interfaces que proporcionem melhores experiências na forma como as pessoas trabalham, se comunicam e interagem.

Esse objetivo pode ser alcançado a partir do entendimento de que são os meios (ferramentas, softwares, equipamentos etc.) que precisam se adaptar às necessidades, habilidades e limitações humanas. Nos termos da “qualidade” da interface, quanto mais adaptado, melhor. Expressões como “facilidade no uso” ou “amigabilidade” estão relacionadas ao trabalho de usabilidade.

Com o crescente uso dos dispositivos computacionais, a usabilidade vem ampliando seu campo de atuação e ganhando maior importância, tendo em vista que as pessoas lidam com interfaces digitais o tempo todo, dos computadores, *smartphones* e terminais de auto atendimento, até as *smart TVs*.

De acordo com os conceitos defendidos pela usabilidade, uma “boa” interface é caracterizada não só pela utilidade ou acessibilidade, mas principalmente pela sua simplicidade, ao ponto de não ser necessário que o usuário aprenda como uma interface funciona, ou que esse aprendizado seja o mais rápido, fácil, agradável e natural possível. O próprio usuário deve ser capaz de explorar, entender, memorizar e usar a interface de forma eficaz.

Apesar do caráter subjetivo em relação a uma interface ser considerada “agradável” ou “fácil”, há um conjunto de critérios de qualidade que podem ser seguidos a fim de atingir um resultado satisfatório. Esses critérios – ou heurísticas – foram concebidos por Jakob Nielsen, um dos principais especialistas em Usabilidade e IHC (Interface Homem Máquina):

1. Visibilidade do *status* do sistema
2. Compatibilidade do sistema com o mundo real
3. Controle do usuário e liberdade
4. Consistência e padrões
5. Prevenção de erros
6. Reconhecimento ao invés de relembrança
7. Flexibilidade e eficiência de uso
8. Estética e *design* minimalista
9. Ajudar os usuários a reconhecer, diagnosticar e corrigir erros, e ser documentado.

Com base nesses parâmetros, foram adotadas algumas estratégias para este projeto, no que diz respeito ao trabalho de criação de um *design* de interface para a TV, de forma a promover melhorias no modo como o usuário foi possível entender e usar as funcionalidades oferecidas:

1. Uso de fontes e ícones que sejam bem legíveis à distância;
2. Uso de cores e contrastes que favoreçam a identificação dos elementos e controles na tela, considerando a definição, brilho e contraste do aparelho;
3. Tamanho das janelas, posicionamento, tamanho e quantidade de textos considerando as diferentes resoluções, margens de segurança, limitações visuais e dificuldades para leitura;
4. Operações simples, bem indicadas e que sejam fáceis quando executadas a partir de um controle remoto, inclusive obedecendo a sequência de cores e botões.

5.2.1.3 Pesquisa de interfaces

A busca por interfaces que possuam as qualidades levantadas e que sejam também atrativas e inovadoras é uma constante na indústria de *set-top box* e TVs, assim como nas empresas provedoras de serviços de conteúdo, já que a interface é um importante diferencial, inclusive fator de escolha.

Nesse sentido foi realizado um *benchmarking* de algumas interfaces para captar os avanços na área, tendências e também buscar inspiração no que diz respeito a soluções desenvolvidas que possam ser adaptáveis ao projeto.

Entre as atuais interfaces, com maior destaque, estão as recentes *Amazon Fire TV*, *Android TV* e a *LG WebOS* para as *Smart TVs*, *Apple TV*, *Tivo Roamio* e *Roku*. No caso do *Android TV* e *Apple TV* não apresentam o recurso de TV aberta, sendo apenas “media players”, com forte apelo ao conteúdo próprio de suas “stores” (como *iTunes* e *Google Play*), assim como serviços de conteúdo já consolidados do mercado, a exemplo do *Netflix* e *Youtube*.

As interfaces vistas apresentam como característica marcante o uso de cores vibrantes, valorizando cartazes e artes de filmes e séries, assim como as logomarcas dos aplicativos. Também fica evidente o uso de um *background* neutro em tom mais escuro, em contraste com as letras em tom mais claro, assim como a adoção da tipografia da família “sans-serif”, em tamanho razoável para leitura a distância e com efeitos de animação sobre o texto ou ícone selecionado. A navegação é desenvolvida para ser realizada apenas pelo controle remoto. A interface da LG, *Amazon Fire* e *Android TV*, por terem sido recentemente lançados, já apresentam uma tendência de *design “flat”*, presente em outras interfaces para *smartphones* e computadores.

5.2.1.4 Requisitos para a Interface do set-top box

O desenvolvimento do *Set-top box* teve como finalidade aproximar a concessionária dos seus consumidores. Nesse contexto, o *Set-top box* possui:

1. Características e recursos competitivos, similares a outros dispositivos da mesma natureza. Entre os recursos estão a recepção do sinal de TV aberta digital, interatividade via TV Digital, serviços de *media center* para que o usuário tenha acesso a seu próprio conteúdo de mídia (fotos, vídeos, músicas) e aplicativos;
2. Funcionalidades específicas da COELCE para seus clientes: envio de mensagens, notificações, enquetes, e o conteúdo próprio (vídeos etc).

Além de todos os elementos analisados anteriormente, e com base nesses requisitos, a interface é composta por:

- Operações tradicionais de uso da TV aberta (seleção de canal etc);
- *Media center*: fotos, vídeos e música;
- Interface personalizada com a identidade visual da COELCE;

- Menu de serviços da COELCE, com uma interface própria para cada tela: enquetes, caixa de mensagens, informações de conta;
- Mensagens na tela no formato de “notificações” e caixas de diálogo;
- Exibição do conteúdo COELCE (videos etc).

5.2.1.5 XBMC *Media center*

Desenvolver uma interface envolve conceber o *design* e fazer a sua implementação, já que a interface, pronta e usável, é um *software*. Com o intuito de implementar uma plataforma mais sólida, foi adotado o XBMC *Media center* como o *software* de agregação e organização dos aplicativos.

O XBMC é classificado como um *software media player* e *entertainment hub*, usado para agregar, organizar e “tocar” vários tipos de mídia, incluindo imagens, áudio, vídeo e TV aberta. Permite ainda o uso de aplicativos (*add-ons*) para ampliar as funcionalidades do Media Player.

A adoção do XBMC teve como base suas principais características:

- *Free* e *open source* – portanto, possível programar novas funcionalidades e fazer adaptações;
- Plataforma para suportar a instalação de aplicativos (*add-ons*), que tem como base a linguagem de programação Python;
- Multiplataforma, funciona em computadores e TVs;
- Estrutura para implementação de Interfaces baseadas em “skins”;
- Consolidado no mercado;
- Equipe de desenvolvimento e comunidade bastante ativos.

O XBMC, por conseguinte, foi a plataforma de *media center* adotada para o set-top box, com a implementação de uma interface específica, desenvolvida unicamente para o projeto, atendendo todos os requisitos.

5.2.1.6 Interface gráfica do Projeto METAL

Com base no estudo sobre usabilidade, *design* para TV, características técnicas, requisitos do projeto, *benchmarking* com outras interfaces e demais análises realizadas, que a “camada gráfica” do foi desenvolvida.

Os elementos que foram projetados para compor a interface gráfica são:

- Tela inicial com a logo da COELCE, data, hora e previsão do tempo;
- Menu principal com as opções:
 - Fotos: seleção e exibição de fotos armazenados localmente ou em um *pendrive* ou HD externo conectado ao aparelho;
 - Vídeos: seleção e exibição de vídeos armazenados localmente ou em um *pendrive* ou HD externo conectado ao aparelho. No caso de filmes, a plataforma automaticamente localiza e faz o *download*, pela Internet, das informações referentes ao filme, como cartaz, sinopse, dados técnicos, e artes do filme, como *backgrounds*;
 - Músicas: seleção e exibição de músicas armazenadas localmente ou em um *pendrive* ou HD externo conectado ao aparelho. A plataforma automaticamente localiza e faz o *download*, pela Internet, das informações referentes ao álbum, como faixas, informações da banda/cantores e artes do álbum, como capas e *backgrounds*;
 - TV ao vivo: seleção e exibição dos canais de TV Digital aberta, sintonizados pelo *tuner* do *set-top box*, assim como um canal IPTV para o conteúdo da COELCE;
 - COELCE: seleção e execução das funcionalidades programadas para a COELCE, que consistem na exibição de mensagens, enquetes, notificações e o conteúdo COELCE;
 - Configurações: menu de configuração básica da interface e da plataforma, como configuração de rede, wallpaper e demais ajustes que possam ser feitos pelo usuário sem comprometer a experiência no uso da interface e as aplicações da COELCE;
- Botões para desligar e ajuda;
- Notificações, caixas de diálogo de confirmação, decisão e enquetes;

- Telas específicas para cada uma das opções do menu principal, contemplando submenus e opções;
- Controles de navegação e player para vídeos, fotos e músicas.

Esses elementos descritos, de forma geral, representam a estrutura básica da interface. As opções de Fotos, Vídeos e Músicas são comuns em sistemas de *Media center*, de forma que o usuário possa usar sua TV também para usufruir de seu próprio conteúdo. O menu da COELCE dará acesso aos aplicativos desenvolvidos especificamente para o projeto.

Do ponto de vista do *design*, foram priorizadas as ideias com simplicidade, dentro de um padrão “flat” e “minimalista”, mas que ao mesmo tempo buscam manter um padrão de qualidade visual, agradável e fácil, figura 33.

Figura 27 - Tela principal “Central Multimidea”



Fonte: Oliveira (2014b).

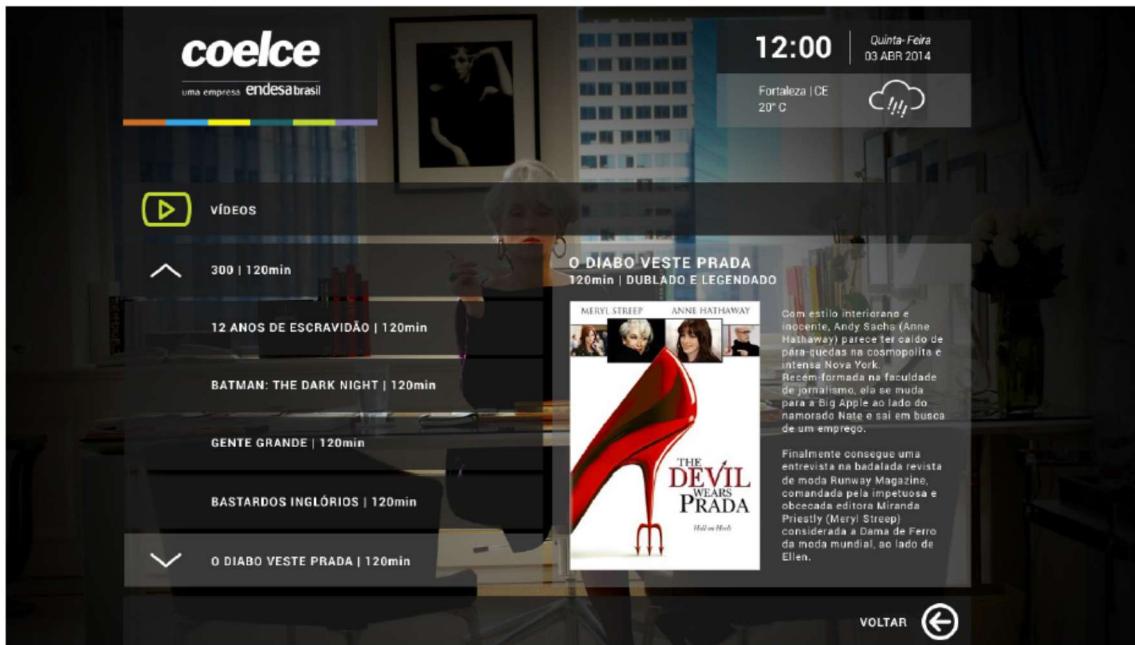
Durante o projeto foram desenhados alguns *wireframes* para melhor planejamento da interface. Posteriormente, foi realizado um primeiro *design* para validar alguns conceitos e padrões discutidos, assim como chegar a uma identidade visual para a interface. O *design* limpo se manteve, com o objetivo de prover uma tela com poucas opções e facilmente reconhecidas tanto pela tipografia quanto pela

iconografia. A preocupação em dispor poucas opções tem como motivação o fato de que o *set-top box* pode ser usado por diferentes perfis de público.

Há também um efeito visual de destaque informando ao usuário qual opção está selecionada. Também nessa tela principal há informações de hora, data, local e previsão do tempo.

A Figura 34 mostra o exemplo de uma tela interna, no caso, um sub-menu para a opção principal de vídeos. Nessa tela podemos destacar uma lista de filmes (no caso, conteúdo particular do cliente COELCE, armazenado em um HD externo ou *pendrive*) e informações sobre cada filme selecionado, com cartaz, ficha técnica e *background*, todos captados pela Internet via XBMC.

Figura 28 - Esboço da tela de vídeos da interface



Fonte: Oliveira (2014c).

5.2.2 Firmware

A subcamada de baixo nível (*firmware*), se refere ao conjunto de *softwares* instalados no *Set-top box*.

O dispositivo desenvolvido é do tipo “embarcado”, ou seja, projetado, construído e otimizado para um conjunto de funcionalidades específicas.

Diferente dos computadores comuns, de propósito geral, os sistemas embarcados requerem um preparo específico, como por exemplo, um sistema operacional compilado especificamente para a arquitetura do dispositivo, assim como *drivers* e módulos próprios.

5.2.2.1 Especificações e componentes

O sistema operacional escolhido para ser utilizado no dispositivo é o Linux, especificamente uma distribuição do Ubuntu portável para a arquitetura ARM da família *sunxi*, da *Allwinner*.

Os principais componentes desse sistema são:

- U-boot: sistema de *bootloader*. Responsável pela infra-estrutura básica de carregamento do kernel e boot do sistema operacional.
- Kernel: Linux Kernel devidamente compilado e portado para a arquitetura ARM, mais especificamente para suportar a família sunxi, da Allwinner. Está sendo utilizado o sunxi-3.4.
- Sistema Operacional e Sistema de Arquivos: Sistema baseado na plataforma Ubuntu, usando um sistema de arquivos Ext4.
- Principais *Drivers*:
 - CedarX: *Driver* multimídia da Allwinner responsável pelo processamento e aceleração de vídeo e decodificação de imagem. Suporta diversos formatos de vídeo e imagem, principalmente o H264, adotado como padrão na TV Digital brasileira.
 - SMSUSB: *Driver* da Siano responsável pelo gerenciamento das portas USB.
- XBMC: Foi adotado o XBMC como plataforma gráfica para exibição de conteúdo. Além da camada gráfica de interface, relatado no capítulo anterior, o XBMC é também um sistema de gerenciamento de mídia, programável, que se comunica com os *drivers* e o sistema operacional, atuando como principal aplicação que é executada para este fim.

5.2.2.2 Aplicações

O set-top box desenvolvido estabelece o uso de aplicativos especificamente voltados para a COELCE, conforme detalhado anteriormente.

Esses aplicativos são desenvolvidos na linguagem de programação Python, e instalados no XBMC, que já funciona como uma plataforma de *media center* com suporte a “add-ons”, ou seja, programas incorporados ao XBMC, ampliando suas funcionalidades. Os aplicativos são, portanto, desenvolvidos e adicionados ao XBMC, instalado no *set-top box*.

Todas as aplicações previstas requerem o acesso à Internet, por se tratarem essencialmente de uma comunicação entre COELCE e seus clientes. As aplicações são:

- Notificações
- Enquetes
- Caixa de Mensagens
- Conteúdo COELCE

Esses programas são executados automaticamente, junto ao XBMC, e realizam “em *background*” as suas tarefas, que consistem basicamente na comunicação e autenticação com um servidor de gerenciamento *web*, e o *download* de conteúdo (vídeos, imagens, informações, avisos, etc.). Os programas também enviam, dependendo da tarefa, um *feedback* ao servidor *web*, de forma que a COELCE possa acompanhar esse retorno do cliente.

5.2.3 Sistema de gerenciamento via web

5.2.3.1 Visão geral e objetivos

A camada de gestão diz respeito ao *software* desenvolvido para executar o gerenciamento do conteúdo COELCE, das mensagens, notificações e enquetes previstas para publicação, assim como o gerenciamento do acesso e atualizações dos *set-top boxes*.

O *software* possui uma interface que será acessada, exclusivamente, por parte da equipe de gestão da COELCE, para realizar as seguintes atividades:

- Cadastrar *set-top boxes* e clientes;
- Cadastrar, publicar e agendar conteúdo de mídia para ser exibido;
- Cadastrar e responder mensagens diretamente ao cliente;
- Cadastrar e agendar notificações e avisos para um cliente ou um grupo de clientes;
- Cadastrar e publicar enquetes, e consultar os resultados;

Dependendo de uma interação com os sistemas de gestão da COELCE seria possível também, no futuro, oferecer informações sobre a conta de energia, assim como apresentar gráficos de consumo.

O mesmo *software* também possui uma outra “interface” de comunicação diretamente com os *set-top boxes*, de forma automática e transparente, para as seguintes atividades:

- Conceder ou negar acesso de um *set-top box* ao sistema;
- Enviar ao *set-top box* o conteúdo de mídia programado;
- Enviar ao *set-top box* mensagens, notificações e enquetes;
- Enviar configurações e atualizações;
- Receber mensagens, resultados de enquetes e logs de acesso;

5.2.3.2 Contexto web

A solução para a gestão de conteúdo foi baseada na *Web*. Significa dizer que o *software* pode ser classificado como uma “aplicação *web*”, e faz uso das tecnologias e funcionalidades que a plataforma *Web* proporciona. Os seguintes pontos foram considerados:

- Os *set-top boxes* do projeto requerem acesso à Internet, logo, esses dispositivos podem acessar recursos na *Web*, inclusive para que as funcionalidades do *set-top box* possam ser atendidas;
- A portabilidade e flexibilidade de uma aplicação *Web*, que pode ser acessada a partir de diversos tipos de dispositivos e plataformas, assim

como a facilidade para expandir e ampliar as funcionalidades do projeto no futuro;

- A interface da aplicação *web*, construída com tecnologias abertas, pode ser facilmente melhorada e adaptada;
- A *Web*, como uma grande plataforma de desenvolvimento, e o crescente número de novas ferramentas, tecnologias, aplicativos e serviços que tem como base a *Web*;
- A facilidade em desenvolver um sistema tendo como base padrões amplamente conhecidos e adotados, além das características de uso proporcionada por uma interface que possui elementos comuns a outros *web sites*;
- O domínio das tecnologias adotadas por parte da equipe de desenvolvimento da Craff Tecnologia e a adaptabilidade dessas tecnologias;

Nesse contexto, a solução de um *software* na *Web* foi a opção mais viável para o projeto.

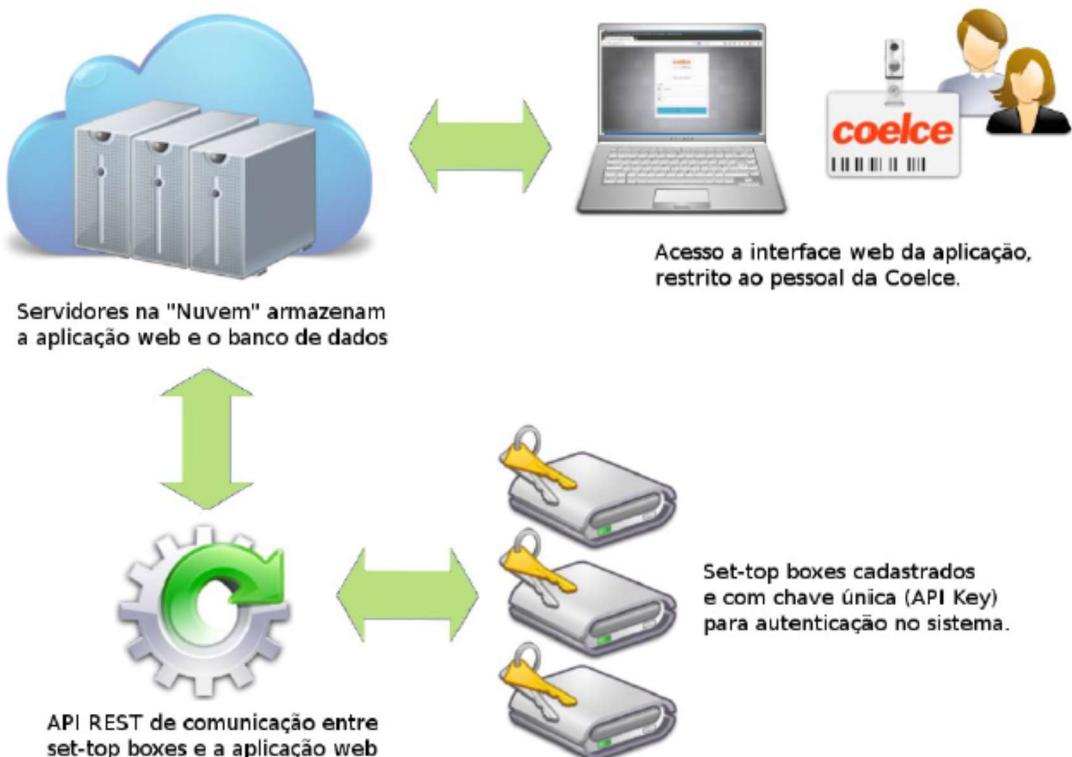
5.2.3.3 Funcionamento

A camada de gestão do *set-top box*, Figura 35, conforme explicado anteriormente, consiste em um *software* baseado na plataforma *web*. Esse *software*, ou “aplicação *web*”, possui duas interfaces: uma interface tipicamente *web*, na forma de um conjunto de páginas, com acesso restrito aos usuários do sistema, e uma segunda interface, não-visual, que atua como um canal de comunicação direto com o *set-top box*.

Na primeira interface o usuário publica conteúdo, posta mensagens e notificações, e na outra interface esse conteúdo é colocado à disposição para que o *set-top box* possa acessar. Da mesma forma, o *set-top box* envia respostas por sua interface, que é exibida na interface *web*, de operação do usuário da COELCE.

A interface de usuário é um conjunto de páginas *web*, e a interface de comunicação com o *set-top box* é realizada por meio de uma API (*Application Programming Interface*) oferecida pela aplicação *web* para cada *set-top box* devidamente cadastrado.

Figura 29 - Infográfico de funcionamento da camada de gestão



Fonte: Oliveira (2014d).

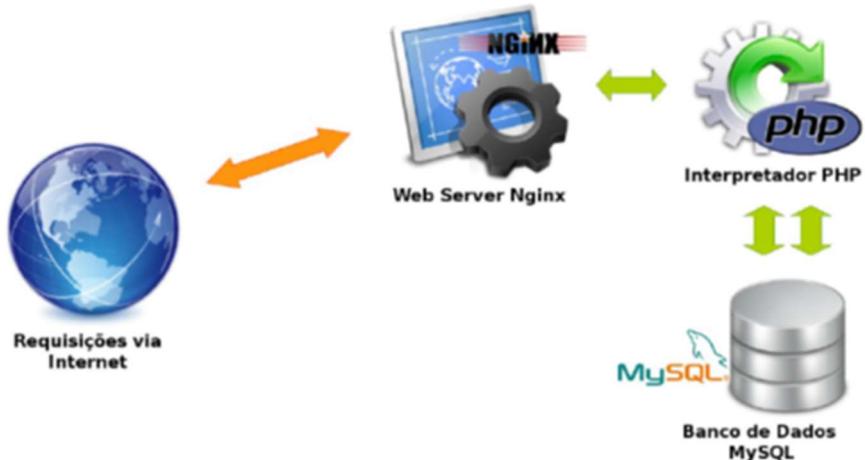
5.2.3.4 Tecnologias utilizadas

O desenvolvimento de um *software* para a plataforma *web* requer o uso de uma série de tecnologias, com propósitos distintos e complementares, de acordo com a estrutura da própria Internet.

Tratamos, portanto, da estrutura “cliente-servidor”, Figura 36, onde “servidores” armazenam e disponibilizam serviços, além dos meios de acesso a esses serviços, e “clientes” interagem com esses serviços por meio de interfaces com funcionalidades específicas, sendo que um “cliente” pode ser uma pessoa ou um outro *software*.

Adotou-se a prática de escolher somente tecnologias classificadas como “open-source”, não só evitando gastos com a aquisição de licenças de *software* proprietário, como também garantindo o uso de ferramentas abertas, com o suporte de uma vasta comunidade. Outro fator é a flexibilidade do código aberto e com um padrão de qualidade desejável no projeto.

Figura 30 - Infográfico de funcionamento dos servidores



Fonte: Oliveira (2014d).

Para os servidores de hospedagem da aplicação e do banco de dados, optamos inicialmente pelos serviços do AWS (*Amazon Web Services*), especificamente o EC2, por oferecer uma instância totalmente configurável e uma das melhores infra-estruturas de “*cloud*” disponíveis atualmente.

As tecnologias utilizadas, neste contexto, são as seguintes:

- Infra-estrutura de Servidores: *Amazon Web Services (AWS) EC2*
- Servidor Web: *NGINX 1.41* com *SSL* habilitado.
- Linguagem de Programação: *PHP 5.5.3*.
- Banco de dados: *MySQL 5.5*.
- Front-end: *HTML5, CSS3, JavaScript*.
- *Framework* back-end: *Laravel 4.1 (PHP)*.
- *Framework* front-end: *Twitter Bootstrap 3*.

Como linguagem principal de desenvolvimento foi adotada o PHP, uma das linguagens mais utilizadas no mundo para desenvolvimento de aplicações web. A fim de facilitar o desenvolvimento, adotando as melhores práticas, componentes e padrões disponíveis por meio de um *framework* para a linguagem PHP, o Laravel.

Um *framework* é um conjunto de bibliotecas e componentes, dentro de uma estrutura de aplicação definida, que auxilia a programação, permitindo que o programador possa se concentrar totalmente na lógica de negócio ao invés de

detalhes mais técnicos da implementação de um *software*, como o acesso ao banco de dados e autenticação de usuários.

A interface de aplicação (API) foi também desenvolvida em PHP, e a interface de operação dos usuários foi construída seguindo o padrão do *framework front-end Bootstrap*. Essa interface é formada por um conjunto de páginas HTML/CSS/JavaScript, atualizadas dinamicamente pela aplicação em PHP, e totalmente responsivas. Ou seja, a interface se adapta ao dispositivo que está sendo utilizado para acesso, se ajustando automaticamente para um *desktop*, *laptop*, *tablet* ou *smartphone*.

5.2.3.5 Estrutura

A estrutura da aplicação web, por meio do *framework* Laravel, segue a arquitetura MVC (*Model-View-Controller*), na qual o *software* é organizado em “modelos” para acesso e abstração das operações com banco de dados, “páginas de visualização” (páginas *web*) e “controles” com operações da lógica de negócios.

Na Figura 37 é apresentada a estrutura de diretórios da aplicação, destacando o diretório “app”, que contém o código da aplicação propriamente dito, devidamente organizado seguindo a arquitetura MVC.

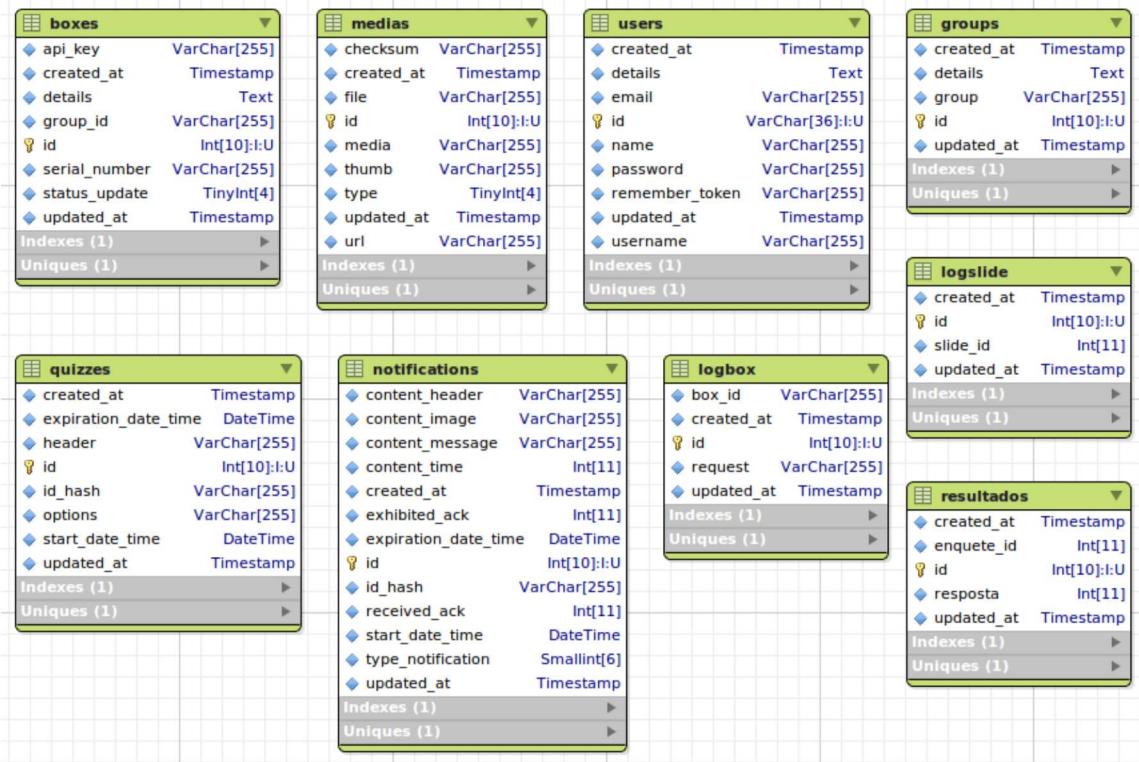
Figura 31 - Estrutura de diretórios da aplicação web



Fonte: Oliveira (2014d).

O software realiza suas funcionalidades também acessando um Banco de Dados, que possui uma estrutura própria, Figura 38:

Figura 32 - Estrutura de tabelas do Banco de Dados



Fonte: Oliveira (2014d).

O banco de dados, que funciona no servidor MySQL, foi estruturado de forma a armazenar os dados referentes a clientes, usuários, *set-top boxes*, mídias, notificações, mensagens e enquetes, além de tabelas específicas para armazenar um “log” das atividades e atualizações.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a arquitetura de uma plataforma interativa de serviços ao usuário final de redes inteligentes das concessionárias de energia. A plataforma proposta faz uso das tecnologias disponíveis nas redes inteligentes (*smarts grids*), principalmente a medição inteligente e da interatividade propiciada via *set-top box* da TV digital.

Com a conectividade, capacidade de processamento e armazenamento de informações, o *set-top box* pode facilitar a interação entre os usuários finais e as concessionárias de energia, além de propiciar a disponibilização do sinal digital para as TVs analógicas. O *hardware*, *software* e a interface com os usuários através da TV digital, componentes que viabilizam a implementação da interface via *set-top box* da plataforma de interativa e serviços ao usuário final das redes inteligentes, foram desenvolvidas por meio do projeto “Mecanismo de comunicação entre concessionárias e clientes baseada na TV – Metal”, dentro do programa de P&D aprovado pela ANEEL.

O uso desta plataforma interativa de serviços pode facilitar o relacionamento das concessionárias e de seus usuários finais. Observa-se que o ambiente regulatório brasileiro mostra-se favorável à adoção da plataforma proposta, tendo em vista a seguinte regulamentação: pré-pagamento e pós-pagamento eletrônico de energia elétrica (ANEEL, 2014), sistemas de medição eletrônica para os consumidores residenciais (ANEEL, 2012b) e micro e minigeração distribuída (ANEEL, 2012a). Registre-se, ainda, que desde 2009 a ANEEL regulamentou a utilização das instalações de distribuição de energia elétrica como meio de transporte para a comunicação digital ou analógica de sinais (ANEEL, 2009).

Importante observar que o Brasil está apenas começando a implantar projetos pilotos de redes inteligentes e que, como demonstramos ao longo deste trabalho, a regulamentação está gradativamente abrindo espaço para medição inteligente, geração distribuída, tarifas diferenciadas de baixa tensão e pagamento eletrônico (pré pago e pós pago). Todavia, ainda falta definir quem arcará com os custos deste incremento tecnológico, visto que implantar redes inteligentes não significa apenas instalar medidores eletrônicos, que são naturalmente mais caros que os atualmente instalados.

Espera-se que as redes inteligentes, como um sistema avançado, possam contribuir significativamente na redução de perdas não técnicas no sistema elétrico (furto e fraude de energia) e, dessa forma, aumentar a eficiência no uso da eletricidade, e ao mesmo tempo, crie a espinha dorsal para a aplicação de novas tecnologias e serviços.

A adoção de novas tecnologias, através da utilização de redes inteligentes, permitirá o uso de dispositivos inovadores para gestão e eficiência energética, não só por parte das concessionárias da energia, mas também pelo próprio consumidor, usuário final. Telecomunicações, sensoriamento, sistemas de informação e computação, combinados com a infra-estrutura já existente, passam a constituir cada vez mais um arsenal poderoso que fará a diferença.

Um dos principais componentes das redes inteligentes é o medidor inteligente (*smart meterring*). A medição inteligente ajuda a coordenar a geração de energia e o consumo de energia de modo mais eficiente. Para tanto, o medidor precisa estar interligado à internet e ter capacidade de processamento e memória necessários à execução das tarefas.

Com a adoção massiva de redes inteligentes existe a clara possibilidade de ofertar serviços e produtos para atendimento e ampliação do espaço de atuação das concessionárias brasileiras de distribuição de energia elétrica, que é uma transformação necessária para seu reconhecimento como provedoras de soluções integradas (COSTA *et al.*, 2013).

No contexto deste trabalho, cabe destacar que a televisão é o meio predileto de comunicação dos brasileiros (76,4%), seguido da internet (13,1%). Os dados fazem parte da pesquisa brasileira de mídia 2014 - Hábitos de consumo de mídia pela população brasileira (BRASIL, 2014). É importante destacar também que é citado na mencionada pesquisa que 97% dos entrevistados afirmaram ver TV. No Brasil, 95% das pessoas têm TV analógica em suas casas. Hoje em dia, o sistema de TV está em transição da tecnologia analógica para digital. Dentro da projeção da universalização da TV Digital Interativa nos lares brasileiros (em 2018, termina a transmissão analógica).

Neste contexto, foi proposta uma arquitetura que utiliza a TV Digital, via *set-top box*, para poder viabilizar mais uma funcionalidade à estrutura tecnológica que será disponibilizada através da adoção de redes inteligentes.

Ressalte-se que a futura adoção dessa arquitetura pode vir a possibilitar uma maior proximidade das distribuidoras com os seus clientes, podendo tais distribuidoras fornecer a estes usuários, por exemplo, informações personalizadas e comparativas com o seu entorno, seus vizinhos, em seus antigos equipamentos de TV, agregando-lhe apenas um *set-top box*.

Através desse novo canal expresso de relacionamento (interatividade e serviços) com o usuário final das redes inteligentes, as concessionárias de energia também poderão disponibilizar novos serviços adequados às necessidades do consumidor.

Cabe registrar que ao longo deste trabalho o autor fez publicações nos seguintes eventos científicos: VII CONNEPI - 2012, VI Congresso Tecnológico TI & Telecom InfoBrasil - 2013 e 31º Simpósio Brasileiro de Telecomunicações - 2013.

Por fim, para a implementação completa da plataforma apresentada neste trabalho faz-se necessário que sejam feitos testes que contemplem a utilização da interface *set-top box* em usuários de redes inteligentes que possuam medição inteligente.

REFERÊNCIAS

AMPLA. AMPLA Energia e Serviços S.A. **Cidade Inteligente Búzios: Sistema de Comunicação Multi-Meios e Multi-Aplicações**, XXI Sendi 2014. Disponível em: <http://www.cidadeinteligentebuzios.com.br/artigos-download/>. Acesso em: 15 de jul. 2015.

ANEEL. **Resolução normativa nº 375, de 25 de agosto de 2009**. Regulamenta a utilização das instalações de distribuição de energia elétrica como meio de transporte para a comunicação digital ou analógica de sinais. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2009375.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2014.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa nº 464, de 22 de novembro de 2011**. Estrutura tarifária das concessionárias de distribuição. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/biblioteca/remissiva_legi.cfm?valida=96599. Acesso em: 29 abr. 2014.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2014.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa nº 502, de 7 de agosto de 2012**. Regulamenta sistemas de medição de energia elétrica de unidades consumidoras do Grupo. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012502.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2014.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa nº 610, de 01 de abril de 2014**. Regulamenta as modalidades de pré-pagamento e pós-pagamento eletrônico de energia elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2014610.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2014.

ARIB STD B24. ARIB Standard: **Data Coding and Transmission Specification for Digital Broadcasting**. Version 5.1. Japan: Association of Radio Industries and Businesses, 2007. Disponível em: http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/6-STD-B24v5_2-1p3-E1.pdf. Acesso em: 15 jun. 2014.

ATSC. ATSC Standard: **ATSC Parameterized Services Standard**. Washington, D.C., Document A/71. March 2007. Disponível em: <http://www.atsc.org>. Acesso em 15 jun. 2014.

BRASIL. **Decreto Presidencial nº 4.901, de 26 novembro de 2003**. Estabelecendo o Sistema Brasileiro de Televisão Digital - SBTVD. DOU. Issue Nº 231, 27/11/2003. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/Decreto/D5820.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5820.htm). Acesso em: 15 jun. 2014.

BRASIL. **Decreto Presidencial nº 5.820, de 29 de junho de 2006**. Dispõe sobre a implantação do SBTVD-T. Disponível em: <http://www.mc.gov.br/tv_digital>. Acesso em: 15 jun. 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Relatório “Smart Grid” (2010). Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/acoes/Energia/Relatario_GT_Smart_Grid_Portaria_440-2010.pdf. Acesso em mai. 2014.

BRASIL. Presidência da República. Secretaria de Comunicação Social. **Pesquisa brasileira de mídia 2014: hábitos de consumo de mídia pela população brasileira**. – Brasília: Secom, 2014. 151 p. : il. Disponível em: <http://observatoriodaimprensa.com.br/download/PesquisaBrasileiradeMidia2014.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2014.

CAIRES, Luis E.. **Aplicação de redes inteligentes nas instalações elétricas residenciais**, 2012. 184f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Programa de Pós-Graduação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em:

www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/.../tde.../dissertcairescorrigida.pdf. Acesso em: 15 jun. 2014.

COSTA Júnior, R. T. D; OLIVEIRA, A. M. B. ; ALCANTARA, R. . METAL, a TV digital do Brasil propiciando interatividade para o usuário final das redes inteligentes. VI Congresso Tecnológico TI & Telecom InfoBrasil 2013.

COSTA Júnior, R. T. D.; OLIVEIRA, A. M. B. ; Eduardo, M.; Felix, F; Alcantara, R. ; ARAUJO, A. L. . DIGA-ENERGIA, uma Plataforma de Serviços ao usuário utilizando smart grid e o middleware GINGA. In: 31º Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, 2013. Anais XXXI SBrT, 2013.

CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **“Redes elétricas inteligentes: contexto nacional.** – Brasília, DF, 2012. Disponível em <http://www.cgee.org.br>. Acessado em: 15 jun. 2014.

CHILECTRA. Compañía Chilena de Electricidad Ltda. **“Memoria Anual y Estados Financieros de Chilectra – 2013”**, Santiago, Chile, 2014. Disponível em: http://www.Chilectra.cl/wps/wcm/connect/a94aae00438144e8a732bfc8eb86c293/Memoria_Chilectra_2013.pdf?MOD=AJPERES&Tipo=DOC. Acesso em: 20 jul. 2014

CPQD. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações. **Arquitetura de Referência – Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre.** São Paulo, 2006. Disponível em: http://www.tvdi.inf.br/site/artigos/CPqD/71_141_anexo1_arquitetura_referencia_sbtv.pdf. Acesso em: 10 abr. 2014

CRAEMER K. e DECONINCK, G., “Analysis of state-of-theart smart metering communication standards”, em Proceedings of the 5th Young Researchers Symposium, p. 1-6, mar. de 2010.

CUNHA, A. P.. **Bases conceituais da implantação de redes elétricas inteligentes de distribuição de energia elétrica.** 2011. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-05082011-153327/pt-br.php>. Acessado em: 15 abr. 2014

DiBEG. **Digital terrestrial television broadcasting: ISDB-T. Digital Broadcasting Experts Group.** September 2007. Disponível em: http://www.dibeg.org/overview/document/pamphlet_en_Ver11.pdf. Acesso em: 17 mai. 2014.

DTV.org. **Dados sobre a TV digital no Brasil.** Disponível em: www.dtv.org.br. Acesso em: 10 jul. 2014.

DVB. Digital Video Broadcasting Project: **History of the DVB Project.** DVB Project, 2003. Disponível em: http://www.dvb.org/about_dvb/history/index.xml. Acesso em: 25 jun. de 2014.

FALCÃO, D.M. . **Integração de Tecnologias para Viabilização da Smart Grid.** Anais do III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE), 18-21 Maio, Belém PA, 2010.

GINGA. Portal do Middleware GINGA. Disponível em: <http://www.GINGA.org.br>. Acesso em: 15 abr. 2014.

GUNGOR, V., D. Sahin, T. Kocak, S. Ergut, C. Buccella, C. Cecati e G. Hancke: **“Smart grid technologies: Communication technologies and standards, IEEE Transactions on Industrial Informatics”**, vol. 7, no. 4, p. 529-539, nov. de 2011. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org.scihub.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6011696>. Acesso em: 15 jun. 2014.

LAMIN, H.. **Medição eletrônica em baixa tensão: Aspectos regulatórios e recomendações para implantação**, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, jun. 2009. Disponível em:
http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4040/1/2009_HugoLamin.pdf?origin=publication_detail. Acesso em: 25 jun. 2014.

LÉVY, Pierre. **Cercultura** / Pierre Lévy; tradução de Carlos Irineu da Costa. – São Paulo: Ed. 34, 1999. 264 p. (Coleção TRANS)

LIMA, C. A. F. (2012). **Revolução tecnológica na indústria de energia elétrica com smart grid, suas consequências e possibilidades para o mercado consumidor residencial brasileiro**. Tese de Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, SP: [s.n.], 2012.

LOPES, Y., Franco, R. H. F., Molano, D. A., dos Santos, M. A., Calhau, F. G., Bastos, C. A. M., ... & Fernandes, N. C. Smart Grid e IEC 61850: **Novos Desafios em Redes e Telecomunicações para o Sistema Elétrico**. Anais do XXX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações - SBrT, 2012. Disponível em:
http://www.dee.ufma.br/~fsouza/Anais_SBrT_2012/artigos/99346_1.pdf. Acesso em: 10 jun. 2014.

MACEDO, Marcelo. **TV Digital Interativa e Gestão do Conhecimento Organizacional**. 2008. 202f. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MANDELMAN, M., **Análise crítica da matriz energética brasileira e a implementação de smart grid**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Taubaté, 2011. Disponível em:
http://www.bdtd.unitau.br/tdesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=255. Acesso em: 17 jun. 2014.

MONTEZ, Carlos; BECKER, Valdecir. **TV Digital Interativa:** conceitos, desafios e perspectivas para o Brasil. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2005. 2^a edição.

OLIVEIRA, A.M.B.; **Relatório Técnico 01 - METAL**, um mecanismo de comunicação entre concessionárias e clientes baseada na TV Digital. COELCE. Dezembro 2013. Fortaleza, Brasil.

OLIVEIRA, A.M.B.; **Relatório Técnico 02 - METAL**, um mecanismo de comunicação entre concessionárias e clientes baseada na TV Digital. COELCE. Fevereiro 2014. Fortaleza, Brasil.

OLIVEIRA, A.M.B.; **Relatório Técnico 03 - METAL**, um mecanismo de comunicação entre concessionárias e clientes baseada na TV Digital. COELCE. Março 2014. Fortaleza, Brasil.

OLIVEIRA, A.M.B.; **Relatório Técnico 04 - METAL**, um mecanismo de comunicação entre concessionárias e clientes baseada na TV Digital. COELCE. Abril 2014. Fortaleza, Brasil.

OLIVEIRA, A.M.B.; **Relatório Técnico 05 - METAL**, um mecanismo de comunicação entre concessionárias e clientes baseada na TV Digital. COELCE. Maio 2014. Fortaleza, Brasil.

OLIVEIRA, Etienne; ALBUQUERQUE, Célio. **TV Interativa:** Uma alternativa para o processo de aprendizagem, In: WORLD CONGRESS ON COMPUTER SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION. 2006, Santos. Anais do congresso. Santos: UNISANTOS, 2006. Disponível em:
http://www2.ic.uff.br/~eoliveira/Publicacoes/WCCSETE_06a.pdf. Acesso em jun. de 2014.

PASCALICCHIO, Agostinho Celso. **Perspectiva econômica e modelo de negócio da tecnologia de telecomunicação nas redes de distribuição de energia elétrica no brasil**, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2011. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/.../Agostinho_TESE.pdf. Acessado em jun. de 2014.

Pesquisa brasileira de mídia 2014 - **Hábitos de consumo de mídia pela população brasileira**, Disponível em: <http://de.slideshare.net/BlogDoPlanalto/pesquisa-brasileira-de-mdia-2014>. Acessado em: 25 de mar. 2014.

REISMAN, Richard R. **Rethinking Interactive TV – I want my Coactive TV. [S.I.] Teleshuttle Corporation**, 2002. Disponível em <<http://www.teleshuttle.com/cotv/CoTVIntroWtPaper.htm>>. Acesso em 15 de mai. 2014.

SARAIVA, F. de O.. **Aplicação de sistemas multiagentes para gerenciamento de sistemas de distribuição tipo smart grids**, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, mar. 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18154/tde-25042012-155841/pt-br.php>. Acesso em: 15 jun. 2014.

SOARES, L.F.G. Standard 06 - **ISDTV-T Data Codification and Transmission Specifications for Digital Broadcasting**, Volume 2 – GINGA-NCL: Environment for the Execution of Declarative Applications. São Paulo, SP, Brazil. ISDTV-T Forum. 2006.

VIEIRA, J. e GRANATO, S., **Medição Inteligente e a Smart Grid**. Disponível em: <http://smartgridnews.com.br/conheca-com-exclusividadeo-primeiro-trabalho-sobre-smart-grid-desenvolvido-porpesquisadores-brasileiros>. Acesso em: 23 mai. 2014.