FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

SWGESTIC - Serviços Web de Gestão Energética para conSumidores domésTICos

João Carlos Cardoso Guimarães

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Cláudio Domingos Martins Monteiro (Prof. Doutor)

Março de 2009

© João Carlos Cardoso Guimarães, 2009

Resumo

Os actuais paradigmas de evolução dos sistemas de energia seguem uma linha de desenvolvimento orientada para sistemas distribuídos, mais próximos dos consumidores, em que estes têm um melhor acesso a informação e desempenham um papel cada vez mais importante no controlo dos sistemas. Neste sentido, o acesso à informação sobre os próprios consumos ou micro-produção requer novas formas de comunicação, gestão e processamento de informação acessível a um vasto conjunto de consumidores. Os sistemas de gestão desta informação devem ser acessíveis e de difusão massiva, sendo os Serviços *Web* uma forma potencialmente interessante para cumprir com estes requisitos.

As metodologias estudadas nesta dissertação tentam identificar o potencial dos Serviços *Web* aplicados à gestão e eficiência energética para consumidores domésticos. Neste sentido pretende-se: identificar formas de adquirir informação de consumo, criar metodologia para estimativa de consumos, criar metodologias de definição e utilização de *benchmark* de consumo e por fim criar interfaces capazes de representar padrões de comportamento dos consumidores. A dissertação pretende também definir estruturas de dados e de modelos que permitam integrar múltiplos serviços facilmente adaptáveis à informação disponível e ao tipo de utilização que se pretende do serviço.

De entre os vários serviços estudados destacam-se: os simuladores de consumo, baseados em características dos equipamentos, a caracterização de comportamentos de consumo, baseada em análise dos diagramas de carga, análise tarifária e a análise de desempenho do consumidor relativamente a valores de referência.

A capacidade de recolha e processamento de informação dos *SmartMeters* serve de base para novos serviços *web*, em que se poderá fazer uso de um maior detalhe de informação de consumo. Por outro lado, as novas tecnologias domésticas de interface com o consumidor permitem soluções criativas e inteligentes de comunicação e visualização do produto final dos serviços energéticos.

Desde a partilha de informação sobre valores padrões para cada tipo de equipamento e para de tipologia habitacional até relatórios sobre potencial de poupança, os serviços disponibilizados pela aplicação desenvolvida apresentam um grande potencial de utilização de fácil e rápida acessibilidade aos consumidores. São ferramentas indispensáveis para encontrar potenciais de poupança, permitindo aos consumidores acções mais efectivas de *Demand Response*.

Palavras-Chave: Serviços *Web*; Eficiência energética; Gestão energética; *Smart metering*;

Abstract

The actual paradigms of the evolution of energy systems follow a line of development oriented to distributed systems, closer to consumers, in which they have better access to information and play an increasingly important role in monitoring their systems. In this sense, the access to information about their own consumption or micro-production requires new ways of communication, management and processing of accessible information to a wide set of consumers. The management systems of this kind of information must be accessible and of mass diffusion, being Web Services a potentially interesting way to accomplish with these requirements.

The methods studied in this thesis try to identify the potential of Web Services applied to management and energy efficiency for domestic consumers.

In this way it is intended to: identify ways of acquiring information about consumption, create a methodology to estimate consumptions, create definition methodologies and consumption benchmark and lastly create interfaces capable of representing patterns in the behaviour of consumers.

This dissertation also aims to define data structures and models which allow the integration of multiple services easily adaptable to the information available and to the type of use that is intended of the service.

Among the several services studied the followings stand out: consumption simulators, based on the characteristics of the equipments, the characterization of consumption behaviours, based in load diagrams analysis, tariff analysis and in the consumer's performance relative to reference values.

The ability of collecting and processing information from SmartMeters serves as a basis for new web services, in which it is possible to make use of greater detail of information about consumption.

On the other hand, new domestic interface technologies solutions for the consumer allow creativity and intelligent communication and visualization of the final product of energy services.

Since the sharing of information on default values for each type of equipment and each house typology until reports on potential savings, the available services developed by the application present an easy accessibility to consumer's great potential of use. These tools are indispensable for finding the potential savings, allowing consumers a more effective action towards Demand Response.

Keywords: Web Services; Energy efficiency; Energy management; Smart metering;

Agradecimentos

Com os melhores agradecimentos ao Prof. Doutor Cláudio Domingos Martins Monteiro pela proposta de um tema para a dissertação que envolvesse duas das áreas com as quais eu mais me identifico, energia e programação.

Um agradecimento aos Engenheiro Jorge Oliveira, Engenheiro Rui Azevedo e Engenheiro João Sousa pela disponibilidade prestada ao longo destes meses.

Especial agradecimento aos meus pais.

João Carlos Cardoso Guimarães

"In the future our electric grid will start to look a lot more like the Internet. Homes and businesses will no longer be just energy consumers but also energy producers. This two-way flow of electrons will transform the electric utility industry."

Ron Pernick e Clint Wilder, The Clean Tech Revolution, HarperChollins, 2007

Conteúdo

1 Introdução **1**
1.1 Enquadramento . . . 1
1.1.1 Principais estratégias para reduzir as emissões . . . 2
1.1.2 Quem beneficia com as poupanças . . . 4
1.1.3 Quando a tecnologia da internet encontra a tecnologia da energia . . . 5
1.2 Motivação e objectivos . . . 6
1.3 Estrutura da dissertação . . . 7

2 Estado da Arte **9**
2.1 Serviços *Web* . . . 9
2.1.1 Simulador de potência e consumo da EDP . . . 11
2.1.2 Simulador de consumo da *Union Fenosa* . . . 12
2.1.3 Perfil de eficiência energética da EDP . . . 13
2.1.4 Outros serviços . . . 14
2.2 Projectos Europeus . . . 15
2.2.1 *EL-EFF Region* . . . 16
2.2.2 *Energy Neighbourhoods* . . . 16
2.2.3 *ECOLISH* . . . 17
2.2.4 *REMODECE* . . . 17
2.2.4.1 Metodologias inovadoras . . . 19
2.2.4.2 Ferramenta de *software* . . . 20
2.2.4.3 Pacote de recomendações . . . 20
2.2.5 Odyssee e MURE . . . 20
2.3 *Smart Metering* . . . 22
2.3.1 Electricidade, gás e água . . . 24
2.3.2 Os *smart meters* nas habitações . . . 25
2.3.3 Potencialidades da *HAN* e *WANs* . . . 25
2.3.4 Os *smart meters* nas habitações . . . 26

3 Ferramenta *web* de apoio à gestão energética de um consumidor doméstico **29**
3.1 Serviços *Web* sem ligação a *smart meters* . . . 31
3.1.1 Características da habitação . . . 31
3.1.1.1 Área da habitação . . . 31
3.1.1.2 Agregado familiar . . . 32
3.1.1.3 Tipologia da habitação . . . 32
3.1.1.4 Consumos diferentes entre divisões do mesmo tipo . . . 33
3.1.2 Registo e validação do consumidor . . . 33
3.1.3 Simulador de consumos . . . 34

3.1.3.1 Potência instantânea em W 34
3.1.3.2 Consumo energético em kWh/ano 38
3.1.3.3 Consumo energético em kWh/ciclo de lavagem 39
3.1.3.4 Consumo energético em kWh/kg 41
3.1.3.5 Consumo energético em kWh/semana 42
3.1.4 Apoio ao cliente 43
3.1.5 Potência contratada 44
3.1.6 Diagrama de cargas 44
3.1.7 Tarifários 44
3.1.8 Consumo baseado em histórico de facturas 47
3.2 Serviços *Web* com ligação a *smart meters* 47
3.2.1 Despesa mensal 47
3.2.2 Classificação ou certificação do consumo 49
3.2.3 Ligações remotas a uma *Home Area Network* ou *Wide Area Network* . . 49
3.2.4 Acesso remoto a dispositivos móveis 50
3.2.4.1 Envio de avisos 50
3.2.4.2 Provedor de Serviço 51

4 A aplicação SWGESTIC 53
4.1 Protótipo do Serviço *Web* 53
4.1.1 Registo 53
4.1.2 Habitação 54
4.1.3 Transferência de carga 54
4.1.4 Aconselhamento do melhor tarifário 56

Referências 59

A *SmartSynch* 63
A.1 Modelo residencial *Itron CENTRON*® *GPRS* 63
A.2 Modelo residencial GE I-210+c 64

B *Echelon* 67
B.1 Modelo residencial EM-1021 *SINGLE-PHASE* 67
B.2 Modelo residencial EM-1023 *POLY-PHASE* 68
B.3 Modelo residencial EM-2023 *POLY-PHASE* 68

C *Yello Strom* 69
C.1 Serviços *Web* prestados pela *Yello Strom* 69
C.2 Yello Strom Sparzähler 70

D *Onzo* 73

E *Landis+Gyr* 75
E.1 Contadores residenciais 75

F *Tendril* 77
F.1 *A Tendril Vantage Utility Portal* 77

G *Plogg* 79

H ***Outras aplicações*** **81**

Lista de Figuras

1.1 Comportamento do consumo em Portugal até 2020 [1]. 1
1.2 Potencial de redução de emissões de CO_2 por sector recorrendo às Tecnologias de Informação e Comunicação (*ICT*) [1]. 2
1.3 Potencial de redução de emissões de CO_2 por sector recorrendo às Tecnologias de Informação e Comunicação (ICT) [1]. 3
1.4 Poupanças associadas à gestão de energia [1]. 5

2.1 Fluxograma do Estado da Arte. 10
2.2 Características de um equipamento [2]. 11
2.3 Relatório final do simulador da EDP [2]. 12
2.4 Apresentação do simulador da Union Fenosa [3]. 13
2.5 Características de um equipamento e discriminação por divisão [3]. 13
2.6 Exemplo das perguntas e respostas realizadas [3]. 14
2.7 Exemplo de uma classificação obtida [3]. 14
2.8 Consumo típico numa habitação em Portugal, desagregado pelas principais categorias [4]. 18
2.9 Distribuição de cada tipo de classes de equipamentos de refrigeraçao por habitação [4]. 19
2.10 Estrutura de uma *AMI* [5]. 25
2.11 Informação disponibilizada no *HDU* [5]. 26

3.1 Fluxograma ilustrando lacunas de serviços existentes assim como a criação de novos serviços. 30
3.2 Fluxograma para equipamentos em que se conhece a potência instantânea. 35
3.3 Diagrama de carga diário de um frigorífico [4]. 39
3.4 Variação do consumo de energia médio de um frigorífico [4]. 39
3.5 Fluxograma para equipamentos em que se conhece o consumo em kWh/ano. . . . 40
3.6 Fluxograma para equipamentos em que se conhece o consumo em kWh/ciclo de lavagem. 41
3.7 Fluxograma para equipamentos em que se conhece o consumo em kWh/kg. . . . 42
3.8 Fluxograma para equipamentos em que se conhece o consumo em kWh/semana. . 43
3.9 Fluxograma sobre a escolha de diagrama diário ou mensal. 45
3.10 Fluxograma para análise do melhor tarifário consoante a potência contratada. . . 46
3.11 Fluxograma da despesa ao fim do mês baseado na previsão dos consumos das semanas anteriores. 48
3.12 Exemplo de uma previsão da despesa mensal a partir de dados da 1ª semana. . . 48
3.13 Exemplo de uma *Home Area Network*. 49
3.14 Comunicação do consumidor com o *smart meter* instalado na sua habitação. . . . 52

4.1 Registo ou validação de um consumidor doméstico. 53
4.2 *Log-off* do utilizador registado. 54
4.3 Tipologia da habitação. 54
4.4 Cenário actual de uma simulação. 55
4.5 Alteração do consumo de equipamentos de forma a baixar a potência em horas críticas. 55
4.6 Edição das características de uma Máquina de Lavar Roupa. 56
4.7 Edição das características de um Frigorífico. 56
4.8 Edição das características de um Fogão eléctrico. 56
4.9 Edição das características de um Televisor. 57
4.10 Para um consumo mensal de 200 kWh e uma potência contratada de 6.9 kVA. . . 57
4.11 Para um consumo mensal de 200 kWh e uma potência contratada de 3.45 kVA. . 58

A.1 Modelo residencial *Itron CENTRON*® *GPRS* 63
A.2 Modelo residencial GE I-210+c. 64

B.1 Diagrama do sistema NES. 67
B.2 Modelo EM - 1021 - *Single-Phase* [6]. 68
B.3 Modelo EM - 1023 - *Poly-Phase* [6]. 68
B.4 Modelo EM - 2023 - *Poly-Phase* [6]. 68

C.1 *SmartMeter* da *Yello Strom* [7]. 69
C.2 Exemplo de um diagrama de carga mensal [7]. 70
C.3 Exemplo de um diagrama de carga diário [7]. 70
C.4 Exemplo de um de poupança de electricidade mensal [7]. 71
C.5 Desempenho actual surgindo no dispositivo "Contador de poupanças"[7]. 71

D.1 Ferramenta de gestão energética da *Onzo* [8]. 73

E.1 Vários modelos de contadores da *Landis+Gyr* [9]. 76

F.1 Tablier Vantage - Exemplo 1 da *Tendril* [10]. 78
F.2 Tablier Vantage - Exemplo 2 da *Tendril* [10]. 78
F.3 Tablier Vantage - Exemplo 3 da *Tendril* [10]. 78

G.1 *PloggBlu* [11]. 79
G.2 *PloggZgb* [11]. 79

H.1 Modelo TED 1001 da empresa *The Energy Detective* [12]. 81
H.2 Modelo Harmony 1100 da empresa *Logitech* [13]. 81
H.3 Modelo *Wattson* da empresa *DIY KYOTO* [14]. 82
H.4 Software *Holmes* da empresa *LDIY KYOTO* [14]. 82
H.5 Dispositivo denominado por "Tweet-a-Watt"*Logitech* [15]. 83
H.6 Aplicação para o *iPhone*. 83
H.7 Aplicação para o *iPhone*. 84
H.8 Aplicação para o *iPhone*. 84

Lista de Tabelas

Abreviaturas e Símbolos

AMI	Advanced Metering Infrastructure
APE	Associação Portuguesa de Energia
AQS	Águas Quentes Sanitárias
BAU	Business As Usual
CCGT	Combined Cycle Gas Turbine
CEAL	Companhia Energética de Alagoas
CEEE	Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica
CFL	Compact Fluorescent Lamp
CGD	Caixa Geral de Depósitos
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DECO	Defesa do Consumidor
DGEG	Direcção Geral de Energia e Geologia
DGTREN	Directorate-General Energy and Transport
ECOLISH	Energy, Exploitation and Performance Contracting for Low Income and Social Housing
EDP	Energias de Portugal
EIE	Energy - Intelligent Energy Europe
EL-EFF	Efficient Electricity
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
GPRS	General Packet Radio Service
HAN	Home Area Network
HDU	Home Display Unit
IEA	International Energy Agency
IEE	Intelligent Energy Europe
IP	Internet Protocol
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diodes
LLCC	Least Life Cycle Costs
MURE	Measures d'Utilisation Rationnelle de l'Énergie
P3E	Programa para a Eficiência Energética em Edifícios
ProCeleficiência	Programa Celesc de Eficiência Energética
PROT-N	Plano Regional de Ordenamento do Território do Norte
REMODECE	Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emissions in Europe
UE	União Europeia
UE-27	Abreviação para os 27 países pertencentes à União Europeia
WAN	Wide Area Network

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

Prevê-se que até 2020, as emissões de CO_2 no sector residencial aumentem devido à alta penetração de um número cada vez mais elevado e consumista de equipamentos eléctricos nas habitações. A Figura 1.1 demonstra o estudo efectuado sobre a tendência de crescimento do consumo em Portugal.

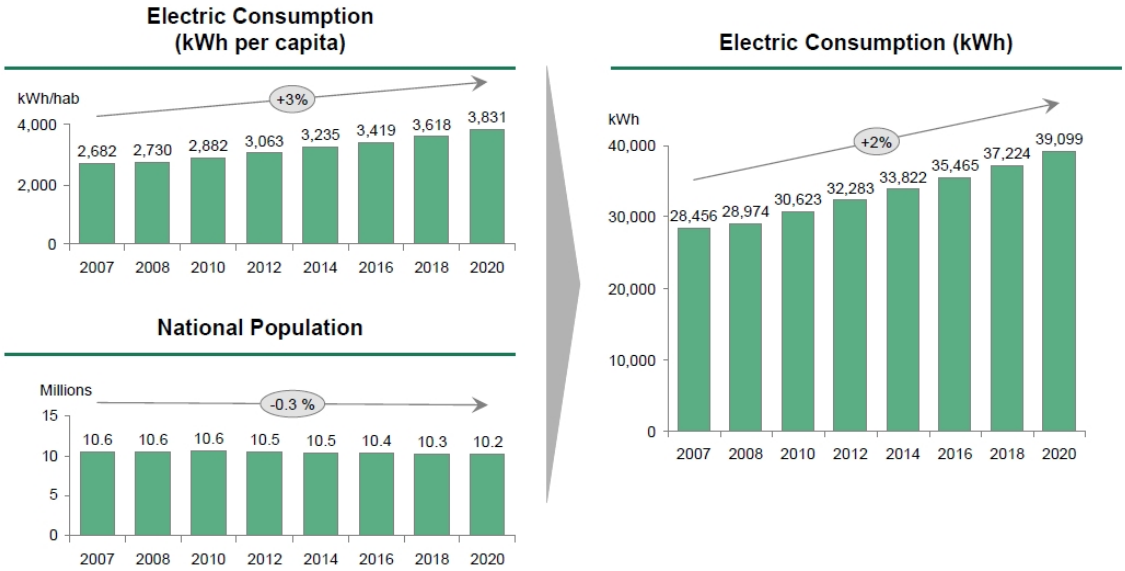

Figura 1.1: Comportamento do consumo em Portugal até 2020 [1].

Em relação à previsão 2020 BAU (Business As Usual) versus a 2020 Smart Portugal (recorrendo às Tecnologias de Informação e Comunicação) representada na Figura 1.2, esta última não só está a baixo da meta proposta como apresenta uma diferença de 15 valores percentuais em relação à primeira.

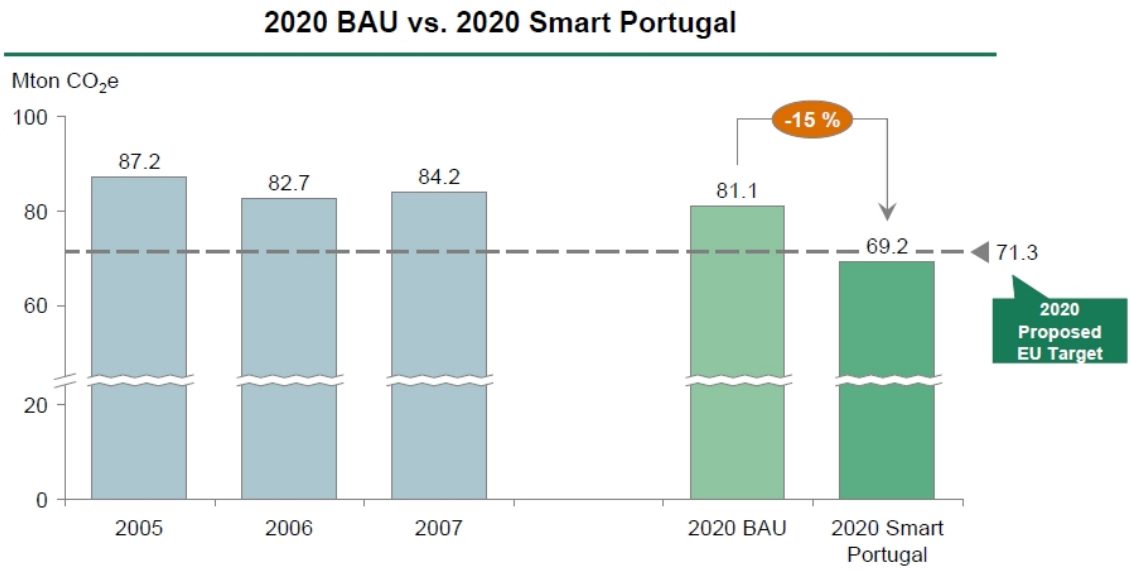

Figura 1.2: Potencial de redução de emissões de CO_2 por sector recorrendo às Tecnologias de Informação e Comunicação (*ICT*) [1].

É portanto, necessário encontrar soluções que promovam a gestão e eficiência energética neste sector uma vez que representa uma parcela significativa do potencial de redução (ver Figura 1.3), permitindo que Portugal consiga atingir a meta proposta pela União Europeia para 2020 em reduzir para 71,3 $Mton$ as emissões de CO_2.

É também possível identificar o impacto que as *smart grids* podem ter no aumento deste potencial de redução. Este, está relacionado com a transmissão de energia, no entanto outras oportunidades podem surgir nestas redes inteligentes. A troca de informação entre o consumidor e o comercializador de energia utilizando, são oportunidades importantes para que no futuro (pelo menos em Portugal) a gestão energética seja uma condição para o consumidor doméstico.

1.1.1 Principais estratégias para reduzir as emissões

A estrutura *SMART 2020* pretende transmitir ao sector residencial visibilidade e controlo aplicando os seguintes itens [1]:

- Padronizando processos e ferramentas para medir e identificar consumos;
- Monitorização do consumo de edifícios e consumidores através de contadores ou serviços de controlo de edifícios;
- Transmitir ao consumidor a informação de quanto estão a consumir quando estão a consumir e não simplesmente no final do mês;
- Repensar na cadeia de decisões em relação à estrutura energética do edifício, isto é, arquitectos, construtores e por fim, os consumidores como agentes activos para a redução de consumos e emissões;

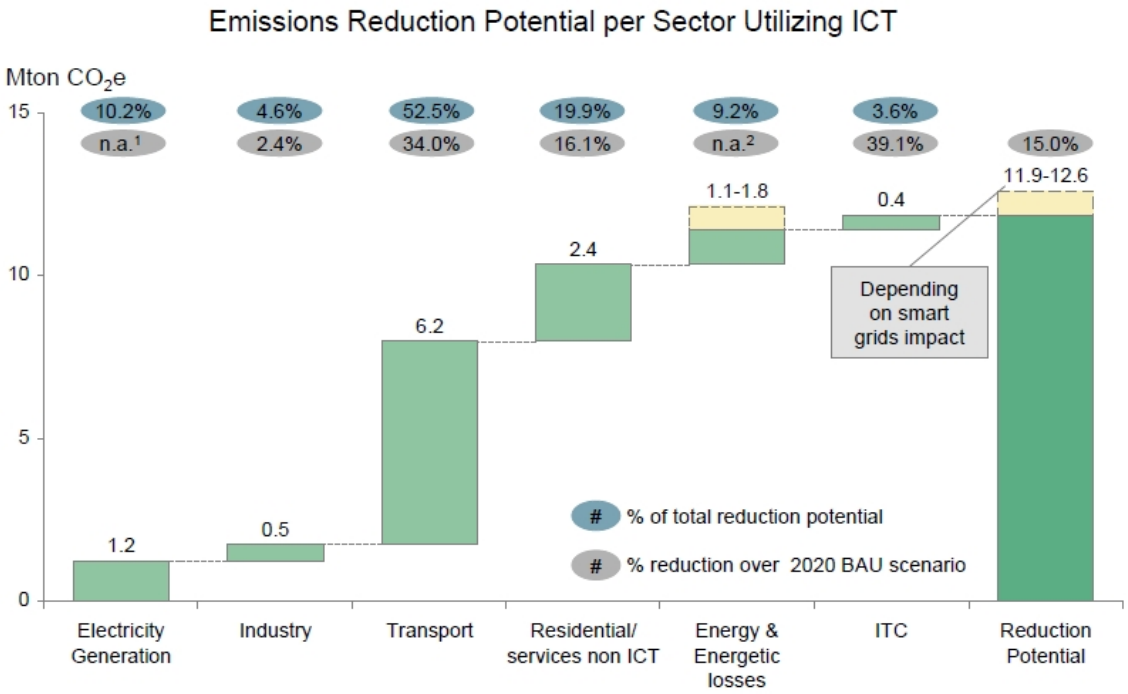

Figura 1.3: Potencial de redução de emissões de CO_2 por sector recorrendo às Tecnologias de Informação e Comunicação (ICT) [1].

- Criação de um ambiente em que edifícios e consumidores domésticos se adaptam um ao outro.

A utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação aumentará a gestão de energia por parte do consumidor, *Demand Side Management* (DSM). A implementação de equipamentos de baixo consumo, desligar os equipamentos quando não são necessários, isolamento, etc., poderão aumentar em cerca de 10% a 25% a eficiência energética nos edifícios [1].

O uso de ICT permitindo preços de energia dinâmicos, monitorização permanente e adaptações permanentes do software assim como uma rigorosa manutenção, medição e reacção em casos de desvio no perfil de consumo. Excluindo o deslastre de cargas para evitar picos e considerando apenas a visibilidade do processo, é possível reduzir o consumo por ano em cerca de 0,5% [1].

O processamento de transacções via internet e intranet poderá evitar o consumo de papel em cerca de 25% o que representa 1 $kgCO_2$ de emissões evitadas por tonelada não consumida [1].

A *SMART 2020* também teve em conta as redes de transmissão e comunicação pois funcionam como a ponte entre consumidor e comercializador [1]:

- Padronização de processos e ferramentas para medição e identificação do funcionamento das redes;

- Monitorização e medição remota das redes;

- Informação melhorada acerca do estado das redes assim como possibilidade em controlar a procura;
- Melhores planeamentos e previsões, melhoramentos a nível de gestão e estrutura das redes, manutenções preventivas e gestão da procura;
- Suporte para a microgeração.

As *smart grids* com capacidade de DSM permitirão reduzir as emissões através dos seguintes pontos [1]:

- As *smart grids* permitem a penetração de fontes renováveis e de microgeração que reduzirão, em média, as emissões de CO_2/GWh produzido;
- A transmissão adequada de preços e permitindo interrupções voluntárias permitiram reduzir os picos de carga em cerca de 15%, o que se transforma em 10% de redução na factura do cliente;
- A microgeração reduz as perdas nas linhas e levando que a produção esteja concentrada próximo do consumo. Estas medidas fazem também reduzir o pico de carga em cerca de 10%;
- Uma melhor gestão do consumo permitirá a utilização racional das linhas já instaladas, eliminando investimentos e emissões de CO_2 de novas linhas.

O envolvimento das ICT encaminhará a gestão energética na direcção correcta. Permitindo a transmissão bidireccional de informação e controlo através de contagem e acção nas redes [1].

A implementação de *smart meters* ou dispositivos semelhantes permitirão que o consumidor tenha um melhor controlo sobre o consumo das aplicações assim como o aumento da sensibilidade e responsabilidade do mesmo baseando-se nos preços que variam ao longo do dia [1].

O controlo remoto nas aplicações pode ser realizada pelas *utilities*[1] ou pelo consumidor, podendo esta ainda ser de forma bidireccional e permitindo a divulgação de preços dinâmicos, informação do consumidor e optimização local do consumo, detecção de fraudes, autentificação e segurança [1].

Esta interacção de dados pode ser realizada a partir da transmissão pela rede ou inserida pelo próprio consumidor. Este poderá transmitir essas informações via SMS, TV ou pela *web*, não esquecendo que esta informação deverá ser realizada de forma segura e autentificada [1].

1.1.2 Quem beneficia com as poupanças

Como é possível verificar na Figura 1.4, as poupanças relacionadas com as medidas acima descritas apresentam um valor com bastante potencial. Beneficiando assim os consumidores que

[1] O termo *utilities* ou apenas *utility* corresponde a empresas que realizam serviços públicos mas sujeitos à regulação governamental.

gastam menos energia, os produtores de energia que poupam nos custos de CO_2 ao ser permitido a penetração em larga escala de fontes renováveis, menos é investido nas redes de distribuição e transporte (devido à baixa necessidade de novas linhas), as entidades comercializadoras que gastam menos em produção e em perdas e finalmente, nas horas de picos as emissões são menores [1].

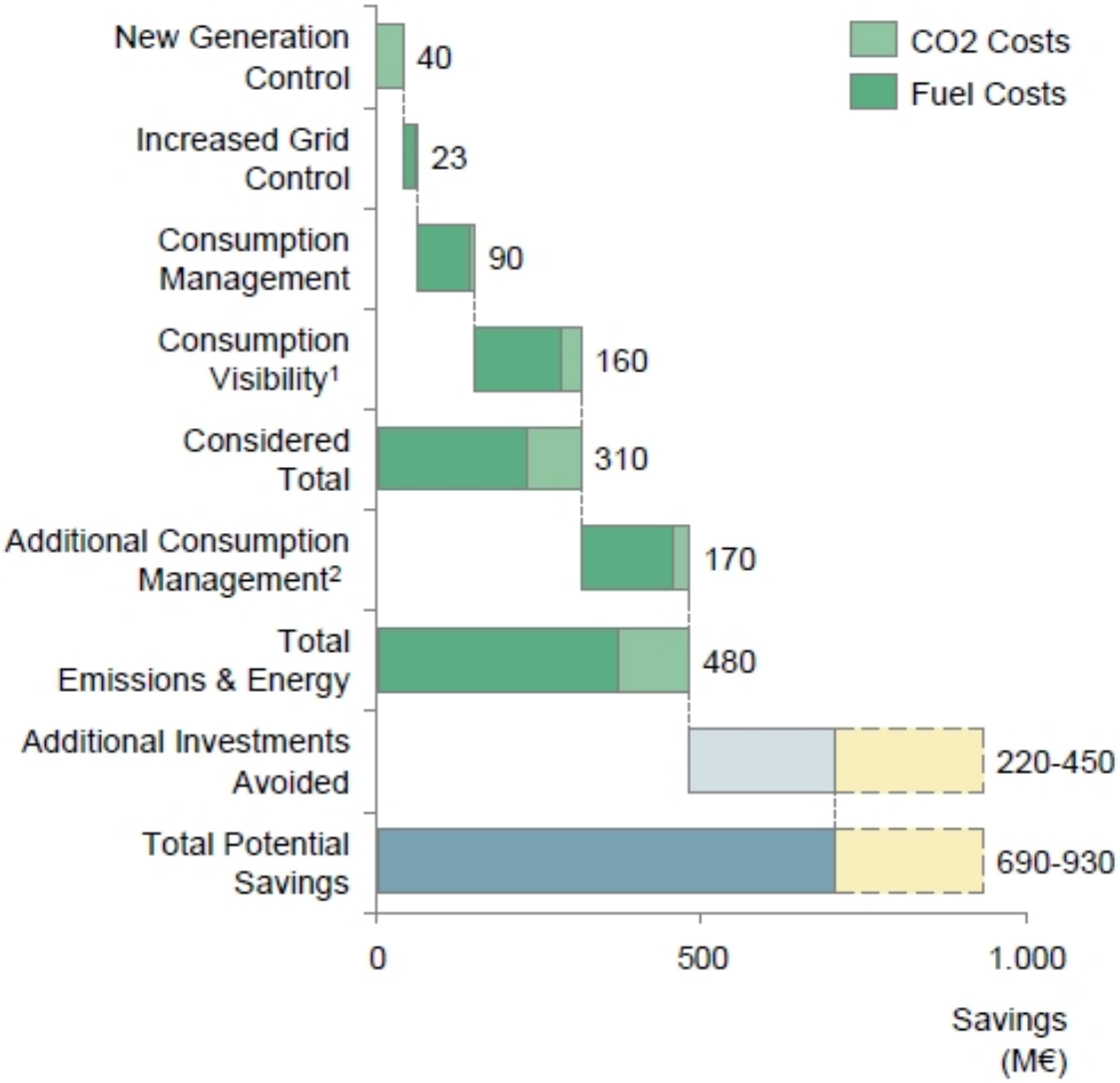

Figura 1.4: Poupanças associadas à gestão de energia [1].

1.1.3 Quando a tecnologia da internet encontra a tecnologia da energia

Como já foi abordado anteriormente, a ligação entre a internet e a energia, neste caso a que o consumidor doméstico consome, apresenta um potencial enorme. As duas tecnologias permitiram criar e desenvolver soluções, ferramentas, serviços *web* que iram ao encontro das iniciativas e propostas definidas pela SMART Portugal 2020.

A comunicação entre todos os equipamentos consumidores de energia e aparelhos de medição e transmissão de informação, seja para o próprio consumidor como para quem comercializa essa energia, é o passo em frente que falta para que o significado de gestão e eficiência energética ganhe proporções e adeptos no sector residencial.

Projectos como a REMODECE, que investiu alguns anos em processamento de informação proveniente de vários países da União Europeia, possibilitou conhecer consumos típicos de uma grande parte dos equipamentos, dando informações vitais sobre que percentagens por categorias ocupam mais no consumo (exemplo: aquecimento, iluminação, máquinas de lavar, entre outros) [4].

Segundo [16], todo o sistema eléctrico, seja a nível do constante alargamento das redes de transmissão de energia, de novas centrais de produção até aos serviços prestados, todos eles tem como obrigação: dar resposta à procura de energia por parte dos sectores.

Se em determinadas alturas do ano surgem picos e as centrais convencionais não conseguem gerar o suficiente para satisfazer a procura, a solução encontrada é construir novas centrais e linhas. As ideias discutidas em [16] sugerem uma nova mentalidade, até mesmo uma revolução no sistema de energia.

O cenário futurista descrito em [16] não envolve apenas o sector residencial mas sim todos os sectores existentes. No entanto todo o sistema está relacionado no aspecto em que converge para uma melhor gestão e consequentemente na redução global de emissões de CO_2.

1.2 Motivação e objectivos

A cada ano que passa, o consumidor doméstico necessita cada vez mais de restringir o seu conforto e hábitos pois só assim consegue minimizar as suas despesas.

O objectivo a propor ao consumidor é manter o seu nível de conforto, ou pelo menos aceitando uma ligeira variação e mesmo assim conseguir diminuir o preço da factura ao fim do mês.

Os projectos europeus que tem surgido, demonstram tendências e hábitos de consumo doméstico que tornam os serviços Web de gestão energética ferramentas com um potencial emergente.

No entanto a motivação para atingir um grau de eficiência energética deverá vir dos dois lados desta equação. Tanto os consumidores como os comercializadores de energia deveram convergir para a mesma mentalidade, sendo esta a mensagem de que eficiência energética promove mais eficiência energética.

À luz das novas tecnologias no mercado, como por exemplo os *smart meters*, estão abertas as portas para a introdução de equipamentos que dinamizem e tirem um bocado da consciência do consumidor as preocupações sobre o controlo do consumo.

Estes serviços podem simplesmente informar o consumidor remotamente em aparelhos de entretenimento tais como portáteis, *smart phones* e equipamentos móveis que poderão circular pela casa.

Os serviços existentes são uma mais-valia tanto para os consumidores como para os comercializadores de energia. Estes serviços já provaram em vários países que são uma aposta para a

criação de novas *utilities*. Ferramentas que permitam ao utilizador conhecer o seu estado actual de consumo, emissões de CO_2 emitidas por esse mesmo consumo, mas mais importante sensibilizar que se pode manter os mesmos hábitos de consumo alterando apenas o modo de consumo.

Com base nos projectos, ideias e problemas abordados, os objectivos desta dissertação são, de uma forma geral, os seguintes:

- Identificar o tipo de serviços que podem ser prestados ao consumidor orientados para uma utilização racional dos seus recursos energéticos e dos consumos;
- Caracterizar formas de recolha e processamento de informação necessária para sistemas de apoio ou ajuda à gestão de consumos;
- Identificar estruturas que integrem módulos de cálculo dentro de plataformas de serviços web de ajuda à estimativa, controlo e gestão de consumos;
- Identificar formas criativas de incentivo ao consumidor através de interfaces adequadas para uma melhor gestão continuada dos seus próprios recursos.

1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos, sendo a introdução, o primeiro capítulo, apresentando o enquadramento, motivação e os objectivos desta dissertação.

O segundo capítulo corresponde ao estado da arte, onde são abordadas empresas que oferecem soluções de *smart metering* e projectos europeus que apresentam resultados interessantes sobre os consumos energéticos na Europa.

No terceiro capítulo é introduzida a metodologia que será discutida e aplicada nos serviços Web de gestão energética para consumidores domésticos. São referenciadas ideias de possíveis serviços associadas às soluções de *smart metering* e a dispositivos móveis como os *smart meters*.

A metodologia descrita no capítulo três é exemplificada no quarto capítulo na forma de resultados no uso dos serviços, apresentando as vantagens e possíveis desenvolvimentos noutras áreas de forma a melhorar ainda mais a ligação entre serviços e componentes de contagem.

No quinto e último capítulo é apresentado o conjunto de ferramentas que foram desenvolvidas ao longo da dissertação de maneira a que fossem ao encontro da metodologia adoptada.

No final da dissertação, encontram-se alguns anexos que apresentam informação relevante para a compreensão do trabalho apresentado.

Capítulo 2

Estado da Arte

Os Serviços *Web* de Gestão Energética são ferramentas que avaliam o consumo e o potencial de poupança de um consumidor doméstico.

Estas fontes de informação estão dispersas sobre várias formas de consulta, seja pela internet, como atrás referido, em livros, publicações e conferências sobre eficiência energética, projectos europeus, campanhas e planos governamentais contemplando o protocolo de Quioto. Desta lista de fontes, grande parte da consulta realizada por um utilizador comum, encontra-se principalmente em empresas ligadas ao sector energético, blogues sobre energia, entre outros.

Serão abordados apenas os Serviços *Web* existentes de empresas ligadas ao sector energético, os projectos Europeus relacionados com a gestão e eficiência energética do consumidor e por fim, empresas com soluções de *smart metering* que abrem novas portas para novos serviços web.

A Figura 2.1 representa um fluxograma dos assuntos a ser abordados mas apenas pelos aspectos que os interligam à gestão e eficiência energética com os benefícios que os serviços web podem representar para o consumidor doméstico comum.

2.1 Serviços *Web*

Os Serviços *Web* relacionados com o sector doméstico são ferramentas disponibilizadas *online* e que permitem, sem qualquer tipo de contrato, simular cenários avaliando os hábitos e consumos dos consumidores e dos equipamentos existentes nas suas habitações.

Desde o cálculo do consumo mensal até ao cálculo das emissões de CO_2 produzida por uma habitação ou por um consumidor, cada serviço *web* apresenta sempre, por mais ligeira que seja, uma metodologia diferente dos restantes. As pesquisas efectuadas revelaram uma vasta lista de páginas *web* que disponibilizam um simulador de consumo ou outro tipo de serviço ligado à poupança de energia.

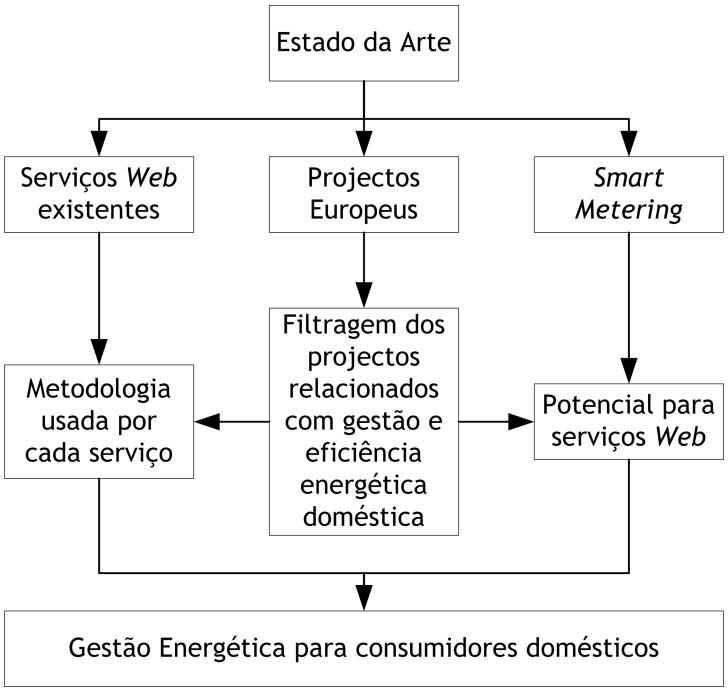

Figura 2.1: Fluxograma do Estado da Arte.

Um dos pontos fulcrais neste tipo de ferramentas tem a ver com a sua apresentação, isto é, nem todos os serviços apresentavam um ambiente gráfico agradável nem facilidade na sua utilização. De seguida apresenta-se uma lista de ferramentas frequentemente encontradas na internet.

- Simulador de consumo de energia;
- Simulador de potência a contratar;
- Simuladores de Comparação de Preços no Mercado;
- Simuladores de Facturação das Tarifas Reguladas;
- Aconselhamento sobre poupança de energia;
- Jogos para crianças sobre poupança de energia;
- Base de dados de equipamentos com eficiência energética;
- Calculadoras de emissões de CO_2;
- Simulador de Consumo dos Electrodomésticos de acordo com a sua Etiquetagem;
- Navegadores de internet que promovem a eficiência energética.

Para corresponder aos objectivos desta dissertação, irá dar-se destaque ao simulador de potência e consumo da EDP [2], da Union Fenosa [3] assim como ao simulador de perfil de eficiência energética da EDP [17].

2.1.1 Simulador de potência e consumo da EDP

O simulador apresenta inicialmente algumas informações sobre o que representa a percentagem do uso em vazio e que influência tem no custo do consumo mensal. Os resultados são apresentados de forma a identificar o consumo por divisão e total, poupança com a mudança para a tarifa bi-horária e potência mínima recomendada assim como o impacto que o consumo tem em termos de emissões de CO_2 [2].

Por cada divisão escolhida são apresentados equipamentos tipicamente utilizados nessas divisões. O utilizador tem a possibilidade de arrastar o equipamento para dentro da divisão e alterar as suas [2].

As Figuras 2.2 e 2.3 representam os parâmetros envolvidos em cada equipamento e o relatório final, respectivamente [2]:

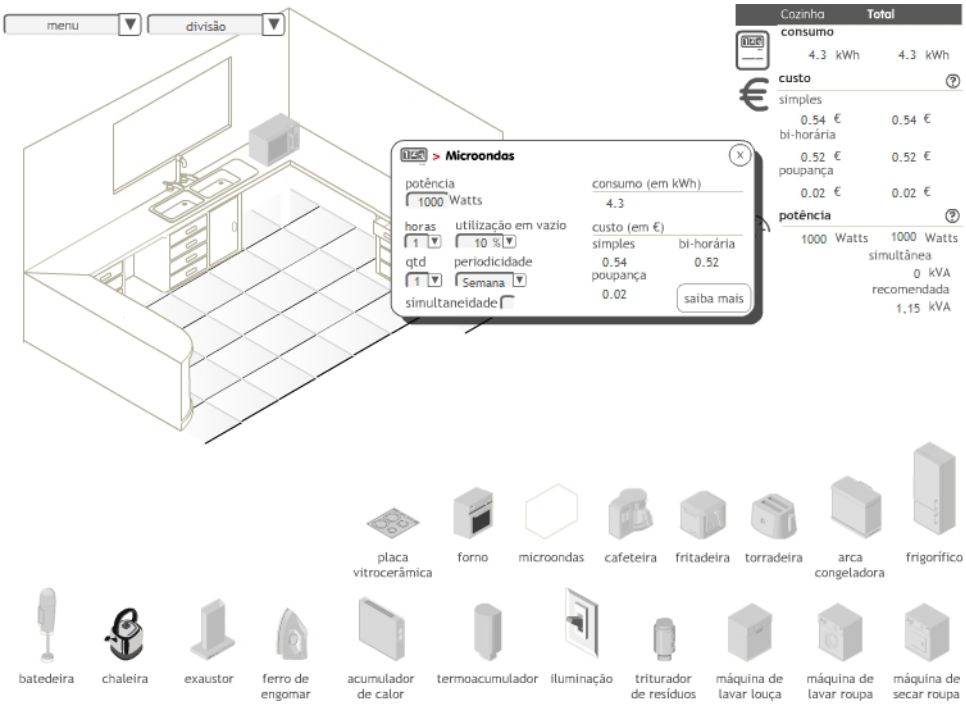

Figura 2.2: Características de um equipamento [2].

São disponibilizadas informações sobre as características e utilização dos vários modelos do tipo de equipamento em questão. A simulação assume valores médios de potência, horas e periodicidade de utilização, entre outros, por mês [2].

Na interface principal, são apresentados os resultados totais descriminados em duas secções. Uma delas é sobre a divisão escolhida e a outra sobre o total da habitação [2].

É ainda disponibilizada informação e características sobre o custo dos tarifários (incluindo o horário das horas de vazio) e à potência contratada [2].

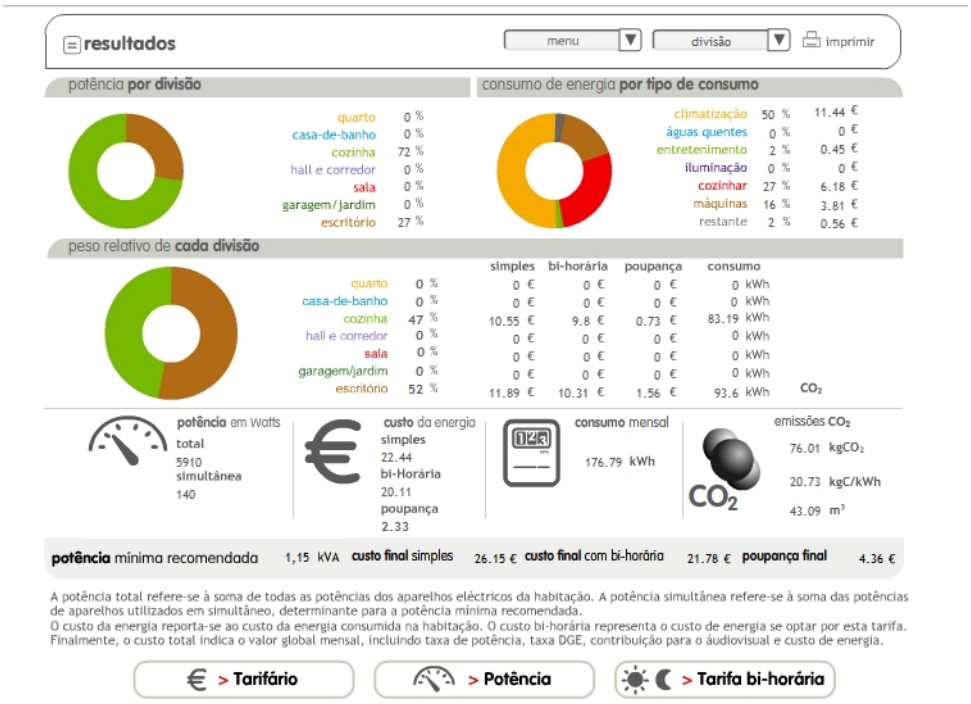

Figura 2.3: Relatório final do simulador da EDP [2].

Cada tipo de equipamento apresenta informação bastante detalhada e com uma apresentação agradável para que o consumidor leia o seu conteúdo para assim aprender mais sobre esse equipamento. Após "equipar"a habitação (não esquecendo de identificar quantas divisões existem do mesmo tipo, quando essa informação é disponibilizada), é apresentado um relatório/resultados sobre o consumo do utilizador [2].

Nestes resultados a potência é decomposta em percentagem em várias categorias, sendo elas por potência por divisão e consumo de energia por tipo de consumo. Também é feita uma decomposição do peso relativo de cada divisão [2].

É representada a potência eléctrica em *Watts* total e simultânea, os custos da energia total tanto para a tarifa simples, bi-horária e para a poupança assim como o Consumo mensal e as emissões de CO_2 que são libertados pelo consumo destes equipamentos. Para finalizar, é disponibilizada a potência mínima recomendada assim como o custo com a tarifa simples, bi-horária e da poupança final [2].

2.1.2 Simulador de consumo da *Union Fenosa*

Em relação ao simulador anterior, este apresenta uma apresentação e complexidade mais básica destacando apenas pouca informação que é pedida ao consumidor. Apesar de ser um simulador mais rápido de se concluir, este poderá apresentar um consumo mensal que não seja muito realista. As Figuras 2.4 e 2.5 apresentam o visual deste simulador.

Figura 2.4: Apresentação do simulador da Union Fenosa [3].

Figura 2.5: Características de um equipamento e discriminação por divisão [3].

2.1.3 Perfil de eficiência energética da EDP

A EDP apresenta uma ferramenta no âmbito da eficiência, mas desta vez o simulador não é dirigido aos equipamentos mas sim aos hábitos da consumidor que utiliza os equipamentos ou que saiba o uso que lhes são efectuados [17].

São apresentadas várias perguntas, ver Figura 2.6, onde o utilizador tem um leque de respostas pré definidas das quais escolhe a que mais se assemelhe ao seu comportamento perante a questão

apresentada [17].

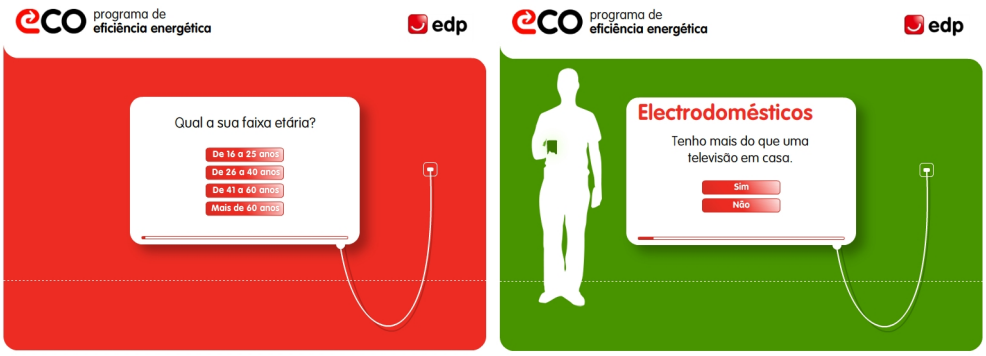

Figura 2.6: Exemplo das perguntas e respostas realizadas [3].

No final da realização deste inquérito, este serviço representa num estilo etiqueta de classes de eficiência, o grau em que se encontra o utilizador (Figura 2.7) [17].

Figura 2.7: Exemplo de uma classificação obtida [3].

2.1.4 Outros serviços

Como foi referido anteriormente, existe uma vasta gama de serviços que proporcionam serviços semelhantes. Ficam aqui apenas algumas dessas referências uma vez que comparadas com o

simulador da EDP apresentam uma complexidade diferente (a nível de *inputs* por parte do utilizador) ou porque o seu aspecto gráfico torna-se monótono e menos atractivo, segue-se:

- ERSE [18];
- CEAL [19];
- P3E [20];
- CGD [21];
- Furnas, Centrais Elétricas SA [22];
- DECO [23];
- CEEE [24];
- ProCeleficiência [25];
- Read-Enerarea [26];
- Ecocasa [27];
- Reduce Impact [28];
- Energy Star [29];
- Energy Saving Trust [30];
- energywise [31];
- COPEL [32].

2.2 Projectos Europeus

Os projectos europeus são um passo importante para que cada vez mais haja consumidores a beneficiar de programas que incentivem a eficiência no consumo energético. A generalidade da população não tem os meios, ou por questões económicas ou por falta de informação, para reunir condições que levem à concretização de tais medidas.

A lista de projectos é vasta, apresentando os mais variados tópicos e soluções, no entanto a pesquisa realizada incidiu apenas nos que de alguma forma contribuem ou contribuíram com informação essencial para o desenvolvimento de serviços web de gestão energética para consumidores domésticos (a nível de base de dados).

Os projectos que serão referidos envolvem de alguma forma, práticas, planos, campanhas e actividades que proporcionem a disponibilização de informação que proporcionará valores padrões relativamente a consumos de equipamentos domésticos. São projectos que por todo o seu trabalho e tempo envolvido não devem ser passados despercebidos.

2.2.1 *EL-EFF Region*

O objectivo deste projecto é aumentar a eficiência do uso da electricidade em oito regiões da Europa. Foram analisadas áreas com uma determinada taxa de crescimento específica e foram desenvolvidos e promovidos planos regionais para aumentar a eficiência do uso da electricidade [33].

Um processo de aprendizagem trans-regional entre o projecto e a divulgação de uma estratégia bem desenvolvida para regiões fora do projecto, garantem uma mais-valia para que este projecto garanta relevância perante as políticas Europeias [33]).

Em cada região, cada plano incluiu metas para eficiência do uso da electricidade assim como medições específicas dessa região, tais como [33]:

- Campanhas informativas;
- Programas de aferição;
- Casos de estudos sobre as melhores práticas;
- Critérios sobre a eficiência em programas financiados;
- Programas subsidiados para aplicações eficientes;
- Programas de conselhos para os consumidores.

Os resultados esperados das actividades deste projecto apontam para a meta de obter uma melhoria na eficiência da electricidade em cerca de 1 % consoante os seguintes pontos [33]:

- O desenvolvimento de 8 planos regionais de acção para impulsionar a eficiência da electricidade;
- Atingir 3 % da população em cada região;
- Motivar os consumidores domésticos e companhias/instituições em participar na campanha;

2.2.2 *Energy Neighbourhoods*

Trata-se de mais um projecto que envolveu um grupo de consumidores domésticos. O seu objectivo é demonstrar como poupanças significativas podem ser feitas tanto a nível monetário como em emissões de carbono apenas com algumas mudanças de hábitos.

Simples acções provam um impacto significativo nas contas e no ambiente. Para além destes assuntos, a *Energy Neighbourhoods* é uma competição com uma duração de seis meses na qual os interessados (grupo de 5 a 15 consumidores) aceitam o desafio de reduzir o seu consumo de energia até 20 %. Os consumidores domésticos podem competir entre amigos e vizinhos, comunidades contra comunidades e no panorama geral todos os países da Europa podem competir entre si para se tornarem na nação que mais poupa a nível energético [34].

A amostra de cada grupo pertencerá à mesma vizinhança e cada uma terá o seu próprio conselheiro. Este conselheiro dará conselhos em como poupar energia e fazer a colecção das leituras dos contadores dos participantes. Este conselheiro será treinado e ser-lhe-ão disponibilizadas ferramentas para o sucesso da vizinhança em que está envolvido [34].

2.2.3 *ECOLISH*

Apesar dos edifícios residenciais da União Europeia apresentarem um dos potenciais mais elevados de todos os sectores assim como uma variedade de tecnologias que permitam poupanças de energia e reduções de CO_2, a promoção da eficiência energética enfrenta uma série de barreiras. Especialmente para habitações sociais e habitações que pertencem a pessoas com baixos rendimentos e que tem que lidar com as limitações e barreiras financeiras [35].

Por outro lado, este sector é caracterizado pelo uso elevado de energia, devido à fraca eficiência energética das instalações de aquecimento, isolamentos térmicos de fraca qualidade assim como os próprios materiais de construção dos edifícios [35]. A exploração da energia e os contratos de desempenho são uma potencial solução para este problema especialmente agora o mercado da energia na Europa foi liberalizado [35].

Este projecto espera obter os seguintes resultados nos quatro exemplos de empresas de exploração de energia nas quatro localizações na União Europeia e contratos de desempenho energético para habitações sociais com rendas baixas em quatro localidades na União Europeia [35].

- Um modelo e orientações para contratos de desempenho energético;
- Um detalhado plano para a implantação em grupos-alvo abordados na União Europeia;
- Esperança em actividades promocionais nas empresas de exploração de energia e de contratos de performance;
- Redução do CO_2 em 10 $kton/ano$ nas localizações piloto e de 35 $kton/ano$ nas outras localizações dentro dos próximos 5 anos após a finalização do projecto.

2.2.4 *REMODECE*

O objectivo principal deste projecto era contribuir para um conhecimento mais aprofundado sobre o consumo energético das famílias da UE-27 para os diferentes tipos de equipamentos, incluindo os hábitos dos consumidores e níveis de conforto, assim como identificar comportamentos de procura [4].

Este projecto avaliou o potencial das poupanças existente a nível da electricidade que poderia existir no sector doméstico na Europa, e que medidas já poderiam ter sido implementadas por meios já existentes, como o uso de aplicações muito mais eficientes ou eliminando/mitigando o consumo de equipamentos em *standby* [4].

A existência de dados com extrema qualidade é uma condição essencial para a definição de políticas de recomendações que influenciem através de uma combinação de medidas e da eficiência energética dos equipamentos a serem vendidos na EU-27 na próxima década, assim como influenciar o comportamento na selecção e operação desses mesmo equipamentos [4].

Apesar das melhorias significativas alcançadas em termos de eficiência energética no que diz respeito a electrodomésticos e iluminação, a percentagem de consumo de electricidade aumenta anualmente cerca de 2 %, estudo realizado ao longo de uma década, prevendo-se que este aumento continue a aumentar ainda mais no futuro se não existirem medidas que a contrariem [4].

Podem ser criadas condições que ajudem o consumidor a reduzir o preço da factura ao fim do mês. Uma dessas soluções passa por melhorar as condições físicas da habitação, sejam elas, tanto a nível de isolamento térmico das paredes, sótão, janelas e portas assim como a nível dos equipamentos existentes na própria habitação, tal como a manutenção e uso dos mesmos. Apesar de se tratar em grande parte de uma decisão do consumidor, este deve tomar medidas pró activas que ajudem a reduzir o consumo dos mesmos. Uma outra solução para o consumidor é ponderar a utilização de fontes de energias renováveis (microgeração) [4].

A Figura 2.8 dá-nos uma ideia da percentagem que as principais áreas de utilizações ocupam no consumo total de electricidade.

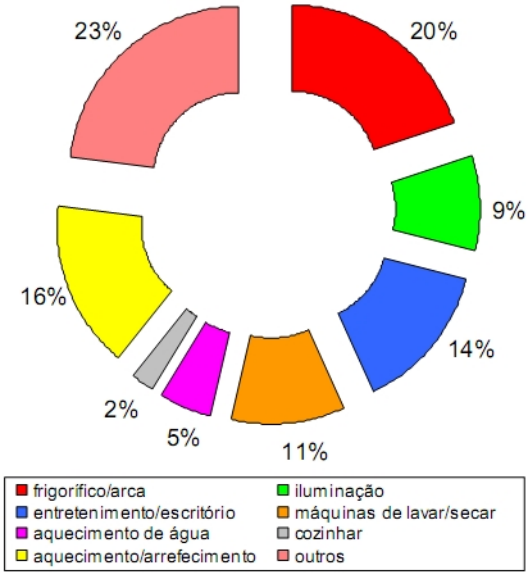

Figura 2.8: Consumo típico numa habitação em Portugal, desagregado pelas principais categorias [4].

Segundo a REMODECE, uma escolha cuidadosa e uma utilização inteligente dos frigoríficos, são factores chave para poupar electricidade. Os frigoríficos e arcas A+ e A++ são um bom investimento, pois o seu custo adicional é rapidamente recuperado. Em Portugal, a situação é a seguinte de acordo com a Figura 2.9.

O custo de um novo frigorífico mais eficiente pode ser recuperado em dois anos. A forma

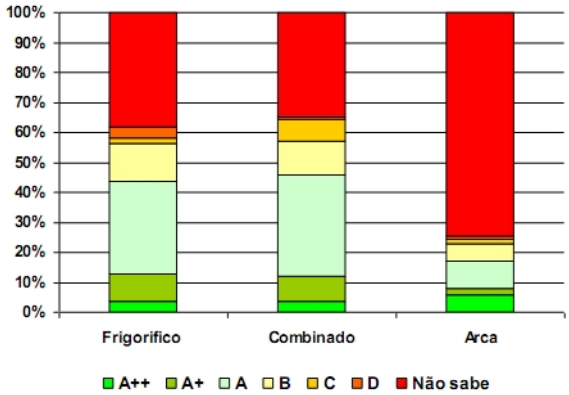

Figura 2.9: Distribuição de cada tipo de classes de equipamentos de refrigeraçao por habitação [4].

mais adequada de abater os frigoríficos antigos será a de contactar os serviços municipalizados locais. Muitos consumidores usam os frigoríficos antigos para refrescar bebidas na garagem, esta estratégia é um desperdício enorme de energia e portanto deve ser evitada [4].

Apesar de o objectivo principal do projecto ser a avaliação da tendência de consumo dos vários equipamentos, o objectivo mais importante foi o fornecimento de informação viável e de ferramentas essenciais para a definição de políticas e legislações que promovam o mercado de eficiência energética do sector doméstico [4].

Espera-se que o projecto REMODECE tenha sensibilizado as agências de Energia, consultores de energia responsáveis pelas intervenções de energia eficiente. Fabricantes de equipamentos, importadores, distribuidores e vendedores. Instaladores de equipamentos de eficiência energética. Companhias de distribuição e serviços de energia [4].

São necessárias mudanças de comportamento, novas políticas e leis que movam o mundo numa única direcção: a mudança de comportamentos e hábitos para um melhor aproveitamento de energia. A questão não é consumir menos ou deixar de consumir, apenas que esse consumo não seja feito abusivamente e fora do contexto do uso eficiente [4].

2.2.4.1 Metodologias inovadoras

Uma metodologia de monitorização/prevenção harmonizada foi desenvolvida e aplicada numa amostra estatística. Monitorizações realizadas de acordo com estratégias específicas acopladas com campanhas de prevenção foram transmitidas em doze países participantes [4].

Os dados recolhidos suportam análises comuns do consumo de electricidade doméstica, incluindo o comportamento do utilizador na selecção e operação do equipamento. A barreira que previne a penetração de equipamentos de eficiência energética foi identificada o que levou à definição de estratégias para as transformações e recomendações no mercado [4].

2.2.4.2 Ferramenta de *software*

A ferramenta que foi desenvolvida permite ao utilizador realizar comparações cruzadas entre a performance energética de habitações semelhantes, usando tanto equipamento estandardizado como de grande eficiência. Esta interactividade assegura que o visitante tem a hipótese de compreender a performance das outras habitações e que melhorias significativas podem ser atingidas. Esta ferramenta de *software user-friendly* também guia os utilizadores na selecção apropriada da selecção e operação dos equipamentos [4].

Foi criada uma base de dados do consumo doméstico Europeu actualizada, incluindo a Europa Central e Ocidental, assim como a Bulgária e a Roménia [4].

2.2.4.3 Pacote de recomendações

Desde projecto resultou um leque de recomendações de políticas para cada tipo de equipamento no sector doméstico, o que pode levar a uma transformação bem sucedida no mercado e evitar desperdícios de energia e diminuição do carbono.

Os resultados do projecto disseminados através de uma combinação de canais, incluindo uma página *web*, um Guia de Energia de Aplicativos Eléctricos na linguagem nativa de cada parceiro, *press releases*, publicações em conferencias internacionais importantes sobre eficiência energética, em *magazines* de negócios e técnicas, assim como um *workshop* disseminado em cada país [4].

2.2.5 Odyssee e MURE

Os projectos Odyssee e MURE são dois projectos que começaram independentemente um do outro mas que ao longo dos anos acabaram por agrupar-se para um intercâmbio de informações [36][37].

São projectos que vêm registando indicadores de eficiência energética há mais de 16 anos, criando assim uma colecção única de dados históricos na qual países da EU se baseiam para eventuais progressos em questões de eficiência energética em vários sectores, assim como nos consumidores domésticos e uma avaliação na redução das emissões de CO_2 para a atmosfera [36].

As principais características do Odyssee estão indicadas na próxima lista [36]:

- Acesso *Online*;
- Dados sobre o ano 2007;
- Séries temporais anuais desde 1980;
- Dados detalhados sobre o consumo energético por sector e por consumidores;
- Emissões de CO_2 (directas e indirectas);
- Numerosos indicadores para eficiência energética e CO_2 ;
- Pedidos de dados avançados e uma interface de análise;

- Colecção de dados de agências de energia;
- 27 Países da UE + Noruega e Croácia.

Como foi referido, este projecto envolvendo um historial destas dimensões traz os seguintes benefícios indicados [36]:

- Qualidade dos dados provenientes de uma equipa experiente;
- Acesso aos dados mais recentes dos mercados de energia;
- Acesso a uma fonte de informações exclusivas;
- Conhecimento instantâneo de qualquer mercado de energia;
- Tendências da energia, por sector e por consumidores;
- Facilidade na avaliação dos mercados de energia;
- Facilidade na avaliação das tendências dos países;
- Recuperação rápida de dados e análises através de um interface avançado;
- Sem rupturas nas séries temporais para uma fácil modelização.

O Odyssee apresenta um *software online* de dados, onde se pode fazer interrogações às bases de dados para posteriores análises [36].

O projecto MURE apresenta ainda um modelo que engloba as aplicações finais das habitações relevantes, isto é, aquecimento, aparelhos e AQS [37].

A quantidade da base de dados MURE inclui dados sobre o stock e consumo energético [37]:

- De edifícios individuais e colectivos divididos por idade e tipo de combustível;
- Aparelhos e sistemas de luz;
- Sistemas e dispositivos de AQS divididos por tipo de combustível e instalação (separadas ou combinadas).

Para além destes, contempla também técnicas complementares, parâmetros económicos e previsão de dados [37]:

- Em sistemas de aquecimento eficientes;
- Parâmetros de isolamento de edifícios por tipos de construção e componentes (janelas, paredes, chão e telhado);
- Aparelhos eficientes e performances energéticas;
- Factores de emissões dos principais poluentes do ar gerado por sistemas de aquecimento;

- Custos de instalação de tecnologias de poupança de energia e outros dados financeiros;
- Taxas de crescimento de *stocks*.

O projecto MURE apresenta ainda uma ferramenta para simular o impacto de cenários RUE tais como [37]:

- Isolamento de edifícios;
- Substituição e manutenção de caldeiras;
- Bombas de calor ou instalação de painéis solares;
- Conexão de aquecimento por co-geração por distrito;
- Implementação de dispositivos de controlo de calor;
- Substituição de aparelhos.

2.3 *Smart Metering*

A contagem inteligente, para além dos clientes que optaram por instalarem um sistema de microgeração e de serem recompensados financeiramente pelos seus contributos para a rede nacional assim como uma ajuda para os distribuidores gerirem melhor as mesmas, permite [5]:

- Que clientes com a informação que precisam para se tornarem mais eficientes no consumo de energia e terem decisões mais inteligentes acerca do uso da mesma;
- Fornecedores com os meios para perceber e servir melhor os seus clientes;
- Distribuidores com uma ferramenta eficaz para uma melhor monitorização e gerência das suas redes.

Os consumidores precisam de conhecer os seus consumos energéticos de forma a poderem decidir de forma inteligente sobre como a gerir. Actualmente, a informação que chega as habitações é sobre o consumo efectuado durante o mês que passou e muitas vezes são estimativas. Este tipo de informação não é muito preciso para um consumidor que esteja interessado em gerir o uso da sua energia [5].

A substituição dos contadores tradicionais por *smart meters* é essencial para uma informação detalhada e correcta ao longo dos dias, assim como [5]:

- As estimativas deixarão de existir e os consumidores terão conhecimento sobre a quantia que devem para assim gerir melhor os seus orçamentos;
- Poderão surgir novos e inovadores tarifários adequados às necessidades específicas dos consumidores;

- Os clientes terão um melhor serviço como por exemplo quando precisarem de mudar de fornecedor ou mudarem de casa;
- Os *smart meters* poderão efectuar a leitura de sistemas de microgeração implementados nas habitações, permitindo aos consumidores domésticos serem recompensados financeiramente pelas suas contribuições.

O fornecedor de energia também terá as suas vantagens uma vez que tornará a empresa de fornecimento de energia para uma de serviços de energia. Permitirá que a empresa fique mais próxima dos seus clientes permitindo-lhes prestar um apoio ao cliente mais eficiente ao mesmo tempo que reduz os seguintes custos de operações [5]:

- Com o aumento de *self-service* por parte do cliente;
- Os fornecedores terão menos reclamações e os apoios aos clientes tornaram-se mais produtivos;
- Os custos relacionados com a leitura dos contadores diminuirão drasticamente uma vez que os contadores são lidos remotamente;
- Os fornecedores serão capazes de se diferenciar consoante os produtos e serviços apresentados;
- As ligações ilegais serão reduzidas através de um sistema anti-roubo inteligente;
- A visibilidade obtida por parte dos clientes em relação aos seus hábitos de consumo permitira aos fornecedores um melhor balanceamento da posição das suas vendas.

A solução da introdução de *smart meters* poderá iniciar uma competição entre consumidores inclinados para a redução de custos assim como entre fornecedores inovadores.

Os distribuidores também ganham com a introdução de *smart meters* no mercado mas os pontos mais interessantes são os que se seguem [5]:

- O aumento da gestão remota do tempo de uso (*ToU*) e tarifas por blocos ajudará a espalhar o consumo de energia de uma forma mais uniforme durante o dia, aliviando o congestionamento nas redes dos distribuidores e reduzindo o custo associado às centrais que são accionadas em situações de picos de consumo;
- Permitirá diminuir o *gap* existente entre a previsão de procura e de produção de electricidade, assegurando o fornecimento da energia aos consumidores assim como a produção de energia desnecessária;
- Menos consumo representa menos emissões de CO_2.

Para além da capacidade de poderem ser lidos remotamente, os *smart meters* podem ser instruídos e reconfigurados da mesma forma e praticamente em tempo real assim como [5]:

- Leituras do contador *On-Demand*. Leitura de um contador em quase tempo real em resposta a um consumidor telefonar para o apoio ao cliente;

- Mudança de tarifas. A mudança das taxas das tarifas e a estrutura das tarifas em resposta à mudança de preços por parte do fornecedor ou da preferência de um consumidor mudar para uma nova e inovadora tarifa inteligente;

- Mudança na forma de pagamento. Possibilidade de mudar entre pagamentos a crédito ou pré-pagamentos;

- Mudança na frequência de leituras. Possibilidade de mudar o intervalo de leitura do consumo, por exemplo, de mensal para diário ou de meia em meia hora;

- Limite de carga. Controlo remoto de uma parcela do consumo do cliente de forma a balancear a geração e procura ou como meio de prevenir que clientes ultrapassem os limites de consumo aos quais não terão possibilidade de pagar;

- Alarme contra violação do contador. Detecção automática, notificação e resposta contra tentativas de violação do contador;

- Desabilitar/Habilitar. Desabilitar ou habilitar o normal funcionamento do contador em casos como a violação do contador;

- Mensagens. Comunicação directa com o cliente por meios do *smart meter* e do *HDU*.

- Actualizações da *Firmware*[1]. Actualizações remotas do *software* embebido no *smart meter* de forma a poder corrigir *bugs* ou adicionar novas funcionalidades.

Dentro destas possibilidades todas aqui mencionadas, avizinha-se um potencial enorme em relação à implementação de serviços *web*, seja associado a um provedor de serviços (*IP*) seja localmente via uma *HAN* [5].

2.3.1 Electricidade, gás e água

Os *smart meters* referenciados até agora estão inseridos no contexto de contadores de electricidade. Como estes possibilitam a transmissão de informação é frequente os contadores inteligentes de gás e água usarem estes meios para comunicação dos seus dados individualmente. Esta comunicação é efectuada via rádio de baixa potência para o contador inteligente de electricidade, que armazena e envia dados como registos adicionais do seu próprio contador [5].

[1] Conhecido como *software* proprietário, é um tipo de *software* que controla directamente o *hardware*. É armazenado permanentemente num *chip* de memória de *hardware*, como uma *ROM* ou *EPROM*.

2.3.2 Os *smart meters* nas habitações

Todas as soluções que envolvem *smart meters* apresentam praticamente o mesmo tipo de estrutura, como a ilustrada na Figura 2.10.

Os *HDU* são dispositivos que informam sobre o consumo de energia através de um pequeno ecrã. Esta informação é realizada via *wireless* com o *smart meter* e pode ser transmitida directamente ou através da *HAN* [5].

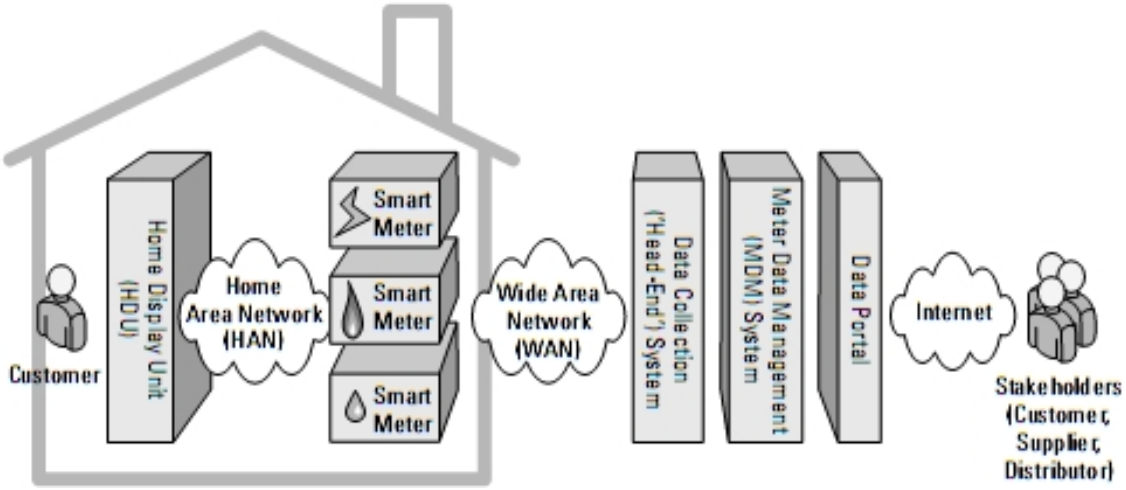

Figura 2.10: Estrutura de uma *AMI* [5].

A Figura 2.11 demonstra um tipo de informações que normalmente são disponibilizadas nestes dispositivos.

Este dispositivo, o *HDU*, poderá ser considerado como um telemóvel que apenas comunica com o *smart meter*. No futuro poderá haver mais soluções que abranjam uma área mais elevada de comunicação [5].

2.3.3 Potencialidades da *HAN* e *WANs*

As possibilidades que a *HAN* permite são um passo importante para a implementação de serviços *web* (com ligação remota ao computador do consumidor ou outro aparelho) uma vez que permite a comunicação com outros aparelhos que existem no interior da habitação. Desta forma a informação que pode chegar ao *smart meter* é "ilimitada". Com um serviço *web* avançado, o consumidor poderá ter a informação necessária para conseguir implementar um plano de gestão energética pessoal. Esta informação apenas deve permanecer dentro da *HAN*, a quantidade de informação que deverá ser transmitida pela *WAN* deverá ser limitada uma vez que praticamente todas as empresas nesta área utilizam as redes públicas já existentes de comunicação [5].

Existe a possibilidade de a empresa criar a sua própria *WAN* mas os custos associados e fiabilidade poderão não ser rentáveis para a empresa (envolve tecnologias de envio de dados, por

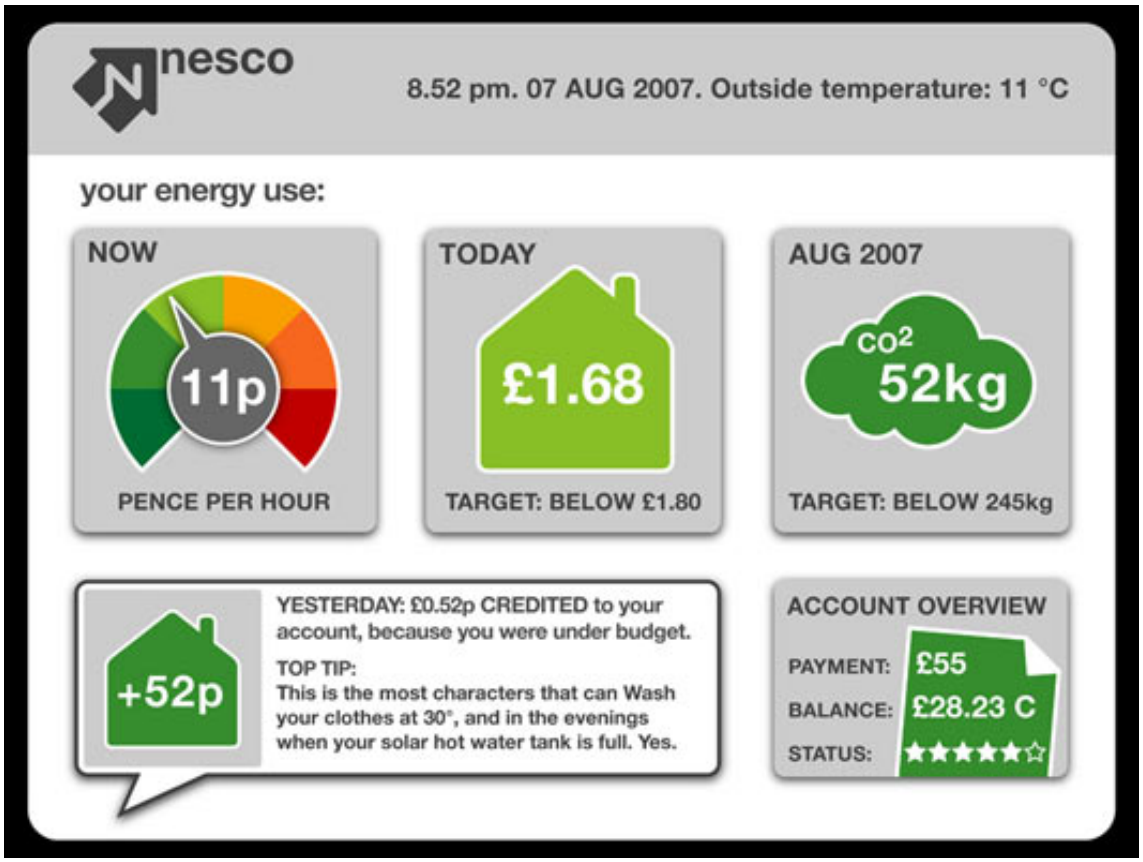

Figura 2.11: Informação disponibilizada no *HDU* [5].

exemplo, *GPRS*, *Wi-Fi*, *ZigBee*, entre outros). Desta forma, optam por utilizar as redes já existentes como é o caso da empresa *SmartSynch* que utiliza as redes da *T-Mobile* [5].

2.3.4 Os *smart meters* nas habitações

Todos os assuntos relacionados com *smart meters* podem ser encontrados na seguinte lista de algumas empresas que apresentam estas soluções [5]:

- SmartSynch [38];
- Echelon [6];
- Logica [39];
- Yello Strom [7];
- Ubitronix [40];
- Onzo [8];
- Landis+Gyr [9];

- Tendril [10].
- ISA [41].

Grande parte destas empresas demonstra um interesse absoluto em alterar a visão dos países sobre as qualidades da implementação deste tipo de contadores. Alguns exemplos de modelos de *smart meters* usados por algumas das empresas indicadas acima estarão referenciados nos anexos.

Capítulo 3

Ferramenta *web* de apoio à gestão energética de um consumidor doméstico

Os serviços *web* actualmente disponíveis apresentam semelhanças na forma como tratam os cálculos dos consumos dos equipamentos. A Figura 3.1 representa a distinção entre dois grandes tipos de serviços que podem ser implementados.

Foram identificadas as lacunas a nível de caracterização dos equipamentos de forma a melhor modelar o seu consumo e por fim criar uma metodologia para novos serviços *web* com ou sem a introdução de *smart meters* e outros dispositivos.

Quase todos os equipamentos são caracterizados consoante os seguintes parâmetros:

- Potência eléctrica instantânea (W);
- Consumos específicos de energia (kWh/ano, kWh/ciclo de lavagem, kWh/kg, entre outros).

Serão examinadas as características fundamentais para uma boa aproximação do cálculo do consumo mensal de um consumidor doméstico uma vez que não é só o conhecimento da potência ou consumo de um equipamento vezes as horas de utilização que ditam qual é o consumo ao fim do mês.

A variável tarifa, é um factor importante neste cálculo. Considerando uma tarifa bi-horária, existe a necessidade de separar o consumo efectuado nas horas de vazio e nas horas fora de vazio. Torna-se assim relevante tomar um conhecimento discreto das horas em que o equipamento esteve a consumir e que factor de utilização e de correcção de tempo lhe é aplicado.

O factor de utilização é associado à percentagem de carga a que o equipamento funciona e o factor de correcção de tempo está relacionado com equipamentos que estão em funcionamento apenas numa percentagem do intervalo de descriminação.

O conhecimento prévio da potência contratada e da tarifa são importantes para informar o consumidor de cenários alternativos, recorrendo a simulações baseadas no consumo mensal e percentagem desse nas horas de vazio consoante o preenchimento de um simulador.

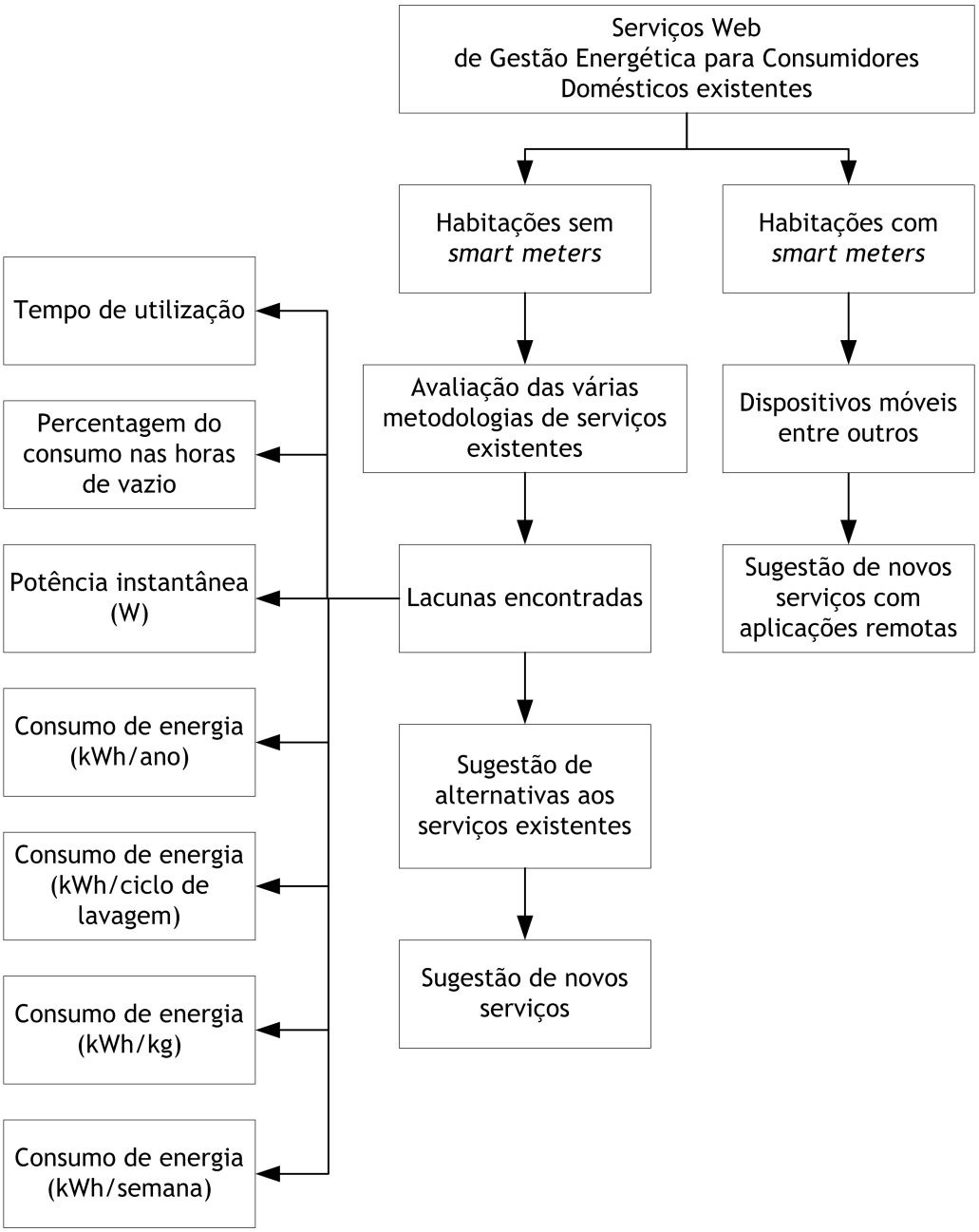

Figura 3.1: Fluxograma ilustrando lacunas de serviços existentes assim como a criação de novos serviços.

Nas próximas secções serão abordadas estas duas categorias de serviços, isto é, serviços que não envolvem nenhuma medição física e outra em que a implementação de *smart meters* permite obter leituras com diferentes traços e vantagens.

3.1 Serviços *Web* sem ligação a *smart meters*

Quando um serviço *web* necessita de inputs do lado do consumidor, é necessário que haja uma interface simples e atraente assim como uma metodologia que facilite o armazenamento dessa informação permitindo assim retomar o uso destas ferramentas numa outra ocasião.

Cada equipamento apresenta parâmetros que diferem uns dos outros, e para que seja possível modelar o seu consumo é necessário haver um critério sobre quais os inputs a disponibilizar ao consumidor. Os equipamentos são identificados pela sua potência instantânea, consumo de energia por ano, por ciclo de lavagem, entre outros. Será criada uma metodologia eficiente que filtre os inputs num único tipo de informação para que o serviço processe de uma forma eficaz, tanto a nível de tempo como de memória.

No entanto não são só os equipamentos que ditam o consumo mensal mas sim todas as características e hábitos da habitação e consumidores, respectivamente.

3.1.1 Características da habitação

As características de uma habitação apresentam aspectos bastante diferentes de consumidor para consumidor. A informação de cada uma deve ser tida em conta para que haja uma boa previsão do consumo.

A área da habitação, o número de pessoas no agregado familiar, tipologia da habitação, número de quartos, salas de convívio, quartos de banho, cozinhas, existência ou não de garagem, piscina e jardim, são exemplos dessas características que identificam um consumidor.

A actual situação de vinculação do consumidor doméstico com o fornecedor de energia, isto é, o conhecimento do seu consumo mensal, potência contratada e qual o tarifário praticado são também alvo de avaliação para um potencial de poupança. Note-se que o valor do consumo mensal refere-se ao último mês ou qualquer valor que seja apresentado na última factura disponível.

3.1.1.1 Área da habitação

A área da habitação pode não parecer um parâmetro muito problemático quando se está a estimar o consumo mensal, mas se pensarmos que tipo de *input* deste valor é inserido pelo utilizador esta informação pode não corresponder à área útil para cálculos de aquecimento central e iluminação. Isto porque a forma mais fácil para o consumidor é simplesmente inserir o valor da área total da habitação, em m^2, uma vez que, por exemplo, no mercado de venda de imobiliários é, normalmente, o valor dado.

A decisão de optar apenas pela área total acarreta várias incertezas tais como a disposição da habitação, que zonas da casa dispõem realmente de iluminação e aquecimento ou quais as que não dispõe. A opção pela área total é o usado em projectos de licenciamento, onde é realizada uma estimativa de quanto é gasto em iluminação sabendo a área total (útil) multiplicando por um valor de referência que depende da tipologia do edifício, se é unifamiliar, loja, entre outros.

Uma avaliação mais correcta seria a desagregação da área total por cada divisão. A previsão de consumos ligados à iluminação e aquecimento apresentariam valores mais próximos da realidade do consumidor. Apesar de esta solução ser muito favorável em termos de avaliação do consumo, não se enquadra num dos princípios definidos no inicio, uma vez que os inputs traduzir-se-iam em informação complexa para o consumidor.

Sacrificando a desagregação das áreas individuais das divisões pela área total da habitação, consegue-se, com uma margem de erro pequena, uma percentagem de feedback mais elevada por parte do consumidor.

3.1.1.2 Agregado familiar

Este campo, que aparentemente apenas revela o número de indivíduos que vivem numa determinada habitação, acaba por se tornar num *input* bastante ambíguo. O que torna este parâmetro numa ambiguidade é o simples facto de que cada indivíduo é caracterizado por um hábito de consumo próprio. Assumir que o agregado familiar apresenta o mesmo tipo de hábitos a partir da amostra de um indivíduo como exemplo dos restantes, acaba por negligenciar a estimativa do consumo. De certa forma, os equipamentos que representam as fatias mais elevadas no consumo total são os referentes a aquecimento e Águas Quentes Sanitárias (AQS) eléctricos, esta variação pode tornar-se num erro aceitável na estimativa.

Por outro lado, e segundo a DGEG, cerca de 12 % do consumo mensal é associado à iluminação. Com estes factos, o conhecimento do agregado familiar torna-se assim um dado que pouca certeza traz à estimativa do consumo mensal em relação à iluminação. Tanto pode ser utilizado como referência o consumidor com maior consumo ou com menor consumo, conduzindo a uma estimativa por excesso ou por defeito, respectivamente.

O conhecimento do agregado familiar será apenas utilizado para os cálculos de iluminação e aquecimento e AQS eléctricos consoante os pressupostos da secção anterior.

3.1.1.3 Tipologia da habitação

Este parâmetro, tratando-se apenas de consumidores domésticos, apresenta apenas duas soluções:

- Moradia;
- Prédio.

A separação efectuada é necessária uma vez que para uma habitação do tipo moradia, poderão existir divisões como garagem, jardim e piscina. A iluminação e a conexão de certos aparelhos dependentes da electricidade, como por exemplo, uma máquina de cortar relva, portão de garagem, são equipamentos em que o seu consumo é contabilizado pelo contador da habitação. No caso de um prédio, os consumos referentes a estas divisões são contabilizadas no contador dos serviços comuns.

Numa moradia, e caso exista um destes três *inputs*, é necessário ter em conta a frequência da sua utilização, horas de utilização, sazonalidade, entre outros. É um consumo que não influencia o cálculo total do consumo total efectuado uma vez que a utilização seja a nível de iluminação ou no uso de tomadas é pouco frequente, o único factor relevante no caso de aparelhos de exterior e partindo do princípio que nunca é atingido o limite da potência contratada devido à carga no momento do manuseamento deste tipo de equipamentos, a única influência observada é ao nível de diagrama de cargas diários que podem apresentar picos díspares em determinados dias da semana.

3.1.1.4 Consumos diferentes entre divisões do mesmo tipo

Seguindo a lógica até aqui discutida, podem-se analisar, por exemplo, dois quartos de uma habitação, estes não terão o mesmo tipo de consumo. Apesar de esta situação não apresentar problemas de grande importância no consumo mensal, em alguns casos pode tornar-se confuso para o consumidor doméstico distinguir que equipamentos se identificam em cada divisão.

Após analisar vários tipos de simuladores existentes na *web*, a melhor forma de identificar cada equipamento é atribuir uma descrição a cada um. Assim se existirem dois quartos e cada um contiver uma televisão, é pertinente distinguir que televisão pertence a qual quarto. Esta forma prática permite, em vez de enumerar quantas televisões existem com o mesmo padrão de consumo, caracterizar as duas televisões de forma distinta, tanto a nível de potência como de horário de funcionamento.

Garante-se assim individualidade nos *inputs* da informação referente aos vários tipos de equipamentos, mas a questão que divergiu para assuntos como estes serão abordados mais à frente.

Relacionando a área dos quartos com a iluminação de cada um deles, leva-nos de volta as ilações obtidas anteriormente. Nesta metodologia considera-se o modelo utilizado nos projectos de licenciatura.

3.1.2 Registo e validação do consumidor

Este é um serviço que servirá para registar ou validar um utilizador na base de dados $MySQL^{TM}$ do servidor. Este tipo de serviço traz vantagens para quem está determinado a realmente melhorar a eficiência energética através do controlo dos seus consumos ao longo das semanas, meses ou anos.

O registo como utilizador da aplicação torna-se indispensável para quem recorra aos restantes serviços com frequência, podendo guarda a informação de *inputs* já inseridos assim como para serviços que dependem de um historial de informação, tal como os dados contidos em facturas de meses anteriores, entre outros.

Tenha o consumidor efectuado registo ou não, de seguida será realizada a descrição dos serviços propostos pela metodologia usada, no entanto, surgiram dúvidas quanto ao melhor método para efectuar certas tarefas, qual a forma mais simples e completa de receber *feedback* do consumidor doméstico, incertezas em apresentar determinados campos de preenchimento de informação.

A informação relativa à habitação e consumo é armazenada numa base de dados permitindo efectuar comparações entre consumidores distintos mas com o mesmo tipo de tipologia habitacional.

3.1.3 Simulador de consumos

O serviço de simulação de consumos, ou simplesmente estimativa de consumos, apresenta uma lista de equipamentos que tradicionalmente existem numa habitação. Os modelos de processamento das características individuais dos equipamentos serão analisados consoante a sua grandeza, tempo de funcionamento e frequência de uso.

Como foi referido, no simulador da EDP é o consumidor que escolhe a percentagem de consumo nas horas de vazio do equipamento. Esta metodologia assume que o consumidor tenha conhecimento do intervalo a que pertencem as horas de vazio e como o uso do equipamento pode ser representado por uma percentagem nestas horas. A metodologia aqui adoptada tenta ultrapassar este obstáculo. As diferenças descritas serão de acordo com o simulador da EDP.

3.1.3.1 Potência instantânea em W

A Figura 3.2 representa o fluxograma do tratamento dos dados de equipamentos em que é conhecida a potência instantânea (W).

Esta metodologia apresenta duas formas de cálculo distintas de outras metodologias, nomeadamente:

- Cálculo da percentagem de consumo nas horas de vazio;
- Determinação do consumo mensal.

Percentagem de consumo nas horas de vazio

O cálculo da percentagem do consumo nas horas de vazio é realizado pelo serviço e não pelo consumidor, maximizando assim a filtragem de inputs contendo valores invulgares.

O conceito por de trás do modelo para o cálculo do tempo de funcionamento de um equipamento é baseado numa sequência binária. Cada dia, semana e ano são representados por uma sequência de zeros e uns, isto é, zero indica que não está a funcionar e um representa o oposto.

Um equipamento é então caracterizado por três sequências binárias. A atribuição de um dos valores é realizada em trechos consoante o ciclo temporal e a sua desagregação é expressa da seguinte forma:

- Para um dia, os trechos são efectuados de meia em meia hora. A sequência tem no total 48 números;
- Para uma semana, os trechos são efectuados de dia para dia. A sequência tem no total 7 números;

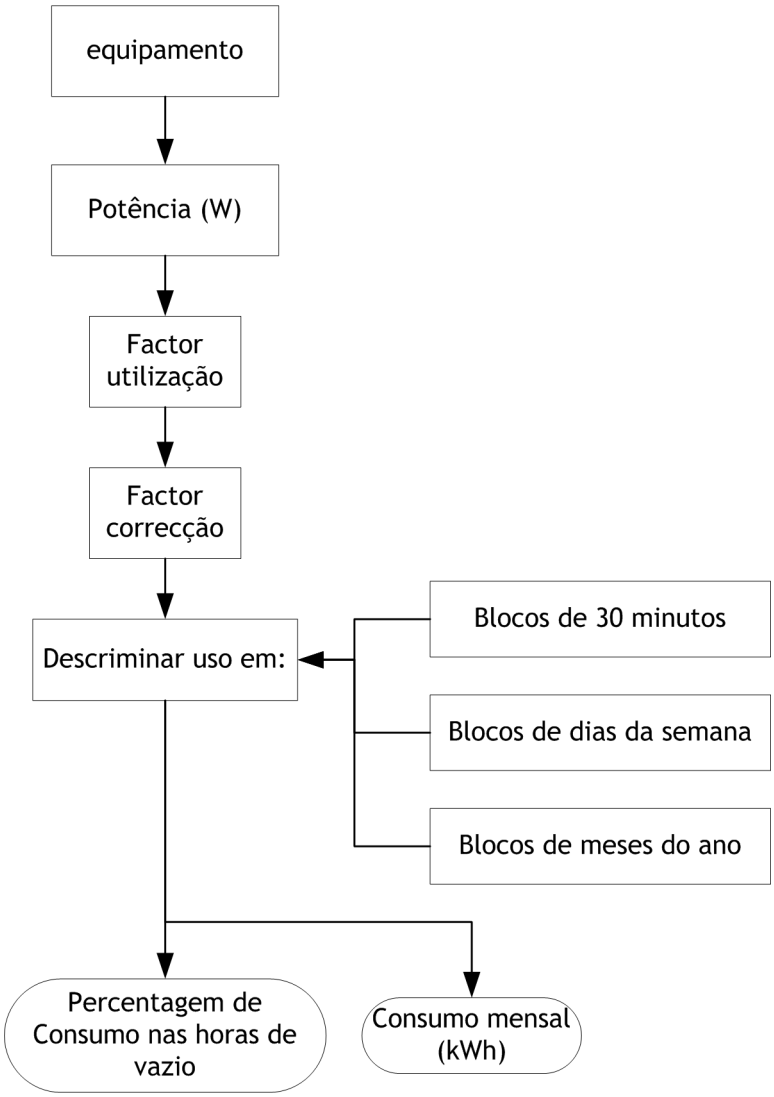

Figura 3.2: Fluxograma para equipamentos em que se conhece a potência instantânea.

- Para um ano, os trechos são efectuados de mês a mês. A sequência tem no total 12 números.

A informação que surge ao consumidor, ao editar um equipamento, é representada por três linhas divididas em vários blocos que correspondem ao ciclo temporal respectivo. No próximo capítulo será apresentada a interface gráfica para uma melhor compreensão do conceito.

Conhecendo assim o tempo de funcionamento do equipamento, o cálculo da percentagem de consumo nas horas de vazio é regido por simples expressões que somam todos os uns existentes nas sequências de acordo com o tipo de ciclo que o contador da habitação usa e em que época do ano se encontra. O conhecimento do ciclo é útil para a criação dos diagramas de cargas.

A EDP disponibiliza os seguintes ciclos:

- Ciclo Semanal (76 horas) no Inverno;
- Ciclo Semanal (76 horas) no Verão;

- Ciclo Diário (70 horas) no Inverno;
- Ciclo Diário (70 horas) no Inverno.

As expressões que separam os ciclos são as indicados pelas Equações 3.1 até à 3.8.

Ciclo Semanal (76 *horas*) → Inverno

$$horas^{I}_{\%vazio} = \sum_{i=00:00h \to 00:30h}^{06:30h \to 07:00h} (valor = 1)\Big|_{Segunda\ à\ Sexta} \tag{3.1}$$

$$horas^{II}_{\%vazio} = \sum_{i=22:00h \to 22:30h}^{09:00h \to 09:30h} (valor = 1) + \sum_{i=13:00h \to 13:30h}^{18:00h \to 18:30h} (valor = 1)\Big|_{Sábado} \tag{3.2}$$

$$horas^{III}_{\%vazio} = \sum_{i=00:00h \to 00:30h}^{23:30h \to 00:00h} (valor = 1)\Big|_{Domingo} \tag{3.3}$$

Ciclo Semanal (76 *horas*) → Verão

$$horas^{I}_{\%vazio} = \sum_{i=00:00h \to 00:30h}^{06:30h \to 07:00h} (valor = 1)\Big|_{Segunda\ à\ Sexta} \tag{3.4}$$

$$horas^{II}_{\%vazio} = \sum_{i=22:00h \to 22:30h}^{08:30h \to 09:00h} (valor = 1) + \sum_{i=14:00h \to 14:30h}^{19:30h \to 20:00h} (valor = 1)\Big|_{Sábado} \tag{3.5}$$

$$horas^{III}_{\%vazio} = \sum_{i=00:00h \to 00:30h}^{23:30h \to 00:00h} (valor = 1)\Big|_{Domingo} \tag{3.6}$$

Ciclo Diário (70 *horas*) → Inverno

$$horas_{\%vazio} = \sum_{i=22:00h \to 22:30h}^{07:30h \to 08:00h} (valor = 1)\Big|_{Todos\ os\ dias} \tag{3.7}$$

Ciclo Diário (70 *horas*) → Verão

$$horas_{\%vazio} = \sum_{i=23:00h \to 23:30h}^{08:30h \to 09:00h} (valor = 1)\Big|_{Todos\ os\ dias} \tag{3.8}$$

O conhecimento destas variáveis torna assim possível o cálculo da percentagem de consumo nas horas de vazio simplesmente dividindo a variável $horas_{\%Vazio}$ do dia em questão pelo somatório de todos os uns existentes nesse mesmo dia (não confundir com os uns que entram no somatório).

Determinação do consumo mensal

O cálculo do consumo mensal de um equipamento é expresso pela Equação 3.12. Os quatro factores que representam a expressão, estão relacionados com diversas características próprias do equipamento.

O factor de utilização, expresso por f_u (adimensional), está relacionado com a fracção de carga do equipamento. Este factor significa que o equipamento não consome a totalidade da potência instantânea que indica nas características. Esta fracção de carga pode-se dever à regulação do nível de utilização do equipamento (caso dos aquecedores eléctricos).

O factor de correcção, expresso por f_c (adimensional), é um factor correctivo do tempo de funcionamento, isto é, a divisão de meia em meia hora anteriormente descrita é muitas das vezes elevada para o tempo de utilização de um equipamento. No caso de uma máquina de café, meia hora é uma percentagem elevada e portanto este factor atenua de certa forma a margem de erro.

Para estes dois factores não é considerada nenhuma equação uma vez que depende da utilização que é dada ao equipamento. São utilizados valores padrões para a modelização do funcionamento. O utilizador poderá no entanto alterar a percentagem de cada um.

O factor de uso diário, expresso por $f_{h/semana}$ (adimensional), é tal como o factor de correcção, uma correcção do número de dias em que o equipamento funciona. No caso de uma máquina de lavar roupa, esta geralmente não apresenta um uso diário. Desta forma, este factor vem corrigir o consumo mensal dependendo da utilização semanal.

O último factor a discutir, é o de uso mensal, expresso por $f_{h/mês}$ (adimensional). A dedução efectuada para o factor de uso diário é o mesmo para este último. Este factor corrige equipamentos como o caso de uma máquina de cortar relva que não é usado todos os meses.

As Equações 3.9 e 3.10, apresentam o cálculo de $f_{h/semana}$ e de $f_{h/mês}$ respectivamente.

$$f_{h/semana} = \frac{\sum_{i=Segunda}^{Domingo}(valor = 1)_{dia\ i}}{7}(adimensional) \tag{3.9}$$

$$f_{h/mês} = \frac{\sum_{i=Janeiro}^{Dezembro}(valor = 1)_{mês\ i}}{12}(adimensional) \tag{3.10}$$

As outras variáveis que constituem esta equação são a potência instantânea P_i (W) do equipamento e o número de horas de funcionamento por dia. Este último é dado pela Equação 3.11:

$$horas_{dia} = \frac{\sum_{00:00h \to 00:30h}^{23:30h \to 00:00h}(valor = 1)_{meia-hora\ i}}{2}(h) \tag{3.11}$$

Esta variável é dividida por dois uma vez que o somatório representa blocos de meia em meia hora. A conversão para horas é imediata. Para que se obtenha o valor do consumo de energia mensal em kWh/mês é necessário multiplicar pelo número de dias médio de um mês. Para questões de normalização deste valor, foi utilizado a divisão 365 dias por 12 meses.

$$consumo_{mensal} = P_i \times f_u \times f_c \times horas_{dia} \times f_{h/semana} \times f_{h/mês} \times \frac{365}{12}(kWh) \tag{3.12}$$

Modo *standby*

O cálculo do consumo de equipamentos que continuam a consumir mesmo quando não estando ligados não foi implementado nesta metodologia, no entanto e tendo como base os resultados obtidos no projecto REMODECE, estes consumos deverão ser modelados no futuro.

A decisão de incorporar este consumo irá reforçar a precisão desta metodologia. Se tomarmos o exemplo de uma televisão comum que consuma 100 *Watts* e se este estiver ligado uma hora por dia e as restantes em *standby*, neste caso, o consumo da televisão em *standby* é superior ao consumo quando a mesma está ligada. Tipicamente o consumo em *standby* é de 5 *Watts* [4]. O exemplo a seguir demonstrado tem como base informação disponibilizada pelo REMODECE.

Recorrendo à Equação 3.12, temos que o consumo em funcionamento durante uma hora por dia da televisão é igual a:

$$consumo_{mensal} = 100\,(W) \times 1 \times 1 \times 1\,h \times 1 \times 1 \times \frac{365}{12} = 3.042\,(kWh) \tag{3.13}$$

E em *standby* que corresponde a 23 horas por dia (recorrendo também à Equação 3.12):

$$consumo_{mensal} = 5\,(W) \times 1 \times 1 \times 1\,h \times 1 \times 1 \times \frac{365}{12} = 3.498\,(kWh) \tag{3.14}$$

O consumo de uma televisão é cerca de 6.54 kWh e não 3.04 kWh, que é quase o dobro do funcionamento quando está ligado.

O factor de utilização e de correcção estará disponível para alteração uma vez que nem todos os equipamentos são operados da mesma forma e o consumidor poderá ter noção do que representam estes valores. Um exemplo é o uso dos aquecedores eléctricos que raramente estão ao nível máximo de potência.

3.1.3.2 Consumo energético em kWh/ano

Já os equipamentos como os frigoríficos, apresentam na sua etiqueta, o consumo em kWh/ano. Os seus consumos não são constantes. Este consumo varia consoante as horas e a seguinte Figura 3.3 apresenta um diagrama de carga de um frigorífico.

Como é possível analisar, em média os frigoríficos apresentam dois picos de consumo por dia, em média às mesmas horas. Estes picos podem influenciar o diagrama de cargas no que respeita o cálculo do valor da potência contratada. No entanto o seu consumo oscila praticamente na mesma gama de valores.

Na Figura 3.4 é possível verificar que a variação em relação ao consumo anual (kWh/ano) também sofre uma pequena oscilação, principalmente entre Junho e Agosto que são os meses mais quentes do ano assim como uma redução durante os dias mais frios. Facilmente se compreende que as características atmosféricas influenciam o accionamento dos compressores.

O fluxograma representado na Figura 3.5 apresenta o modelo utilizado para caracterizar os equipamentos em que é conhecido o consumo anual.

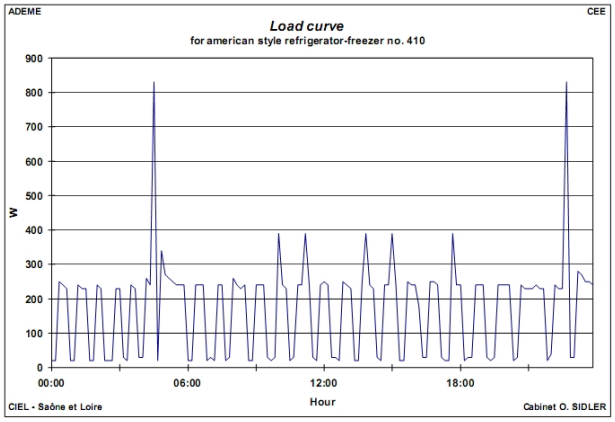

Figura 3.3: Diagrama de carga diário de um frigorífico [4].

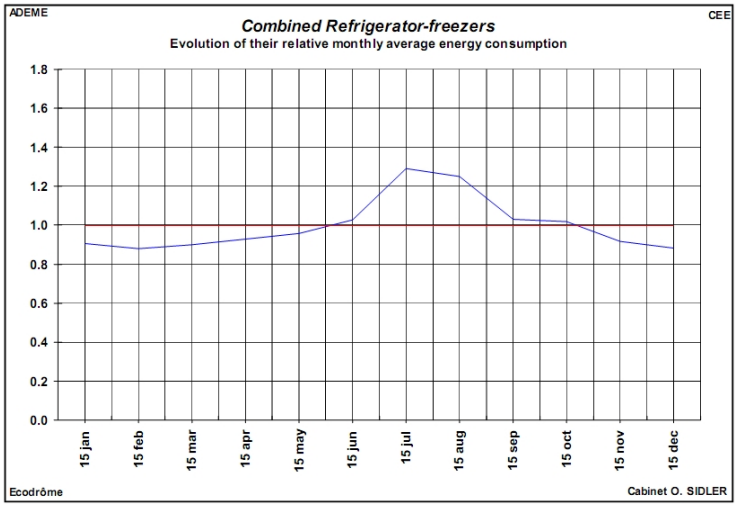

Figura 3.4: Variação do consumo de energia médio de um frigorífico [4].

A metodologia utilizada para estes casos seguirá o exemplo das Figuras 3.4 e 3.5 (diagrama de carga diário e mensal). Todos estes aspectos serão programados e não introduzidos pelo utilizador, este apenas precisa de verificar a chapa de características do equipamento e introduzir o valor que este consome durante um ano. Estas características serão assumidas para todo o tipo de equipamento de refrigeração.

3.1.3.3 Consumo energético em kWh/ciclo de lavagem

As máquinas de lavar loiça e roupa apresentam o seu consumo em kWh/ciclo de lavagem. A forma mais precisa de avaliar o consumo é usando a mesma metodologia escolhida para equipamentos em que se conhece a potência instantânea. A precisão do consumo e dos diagramas de cargas são um ponto importante neste trabalho.

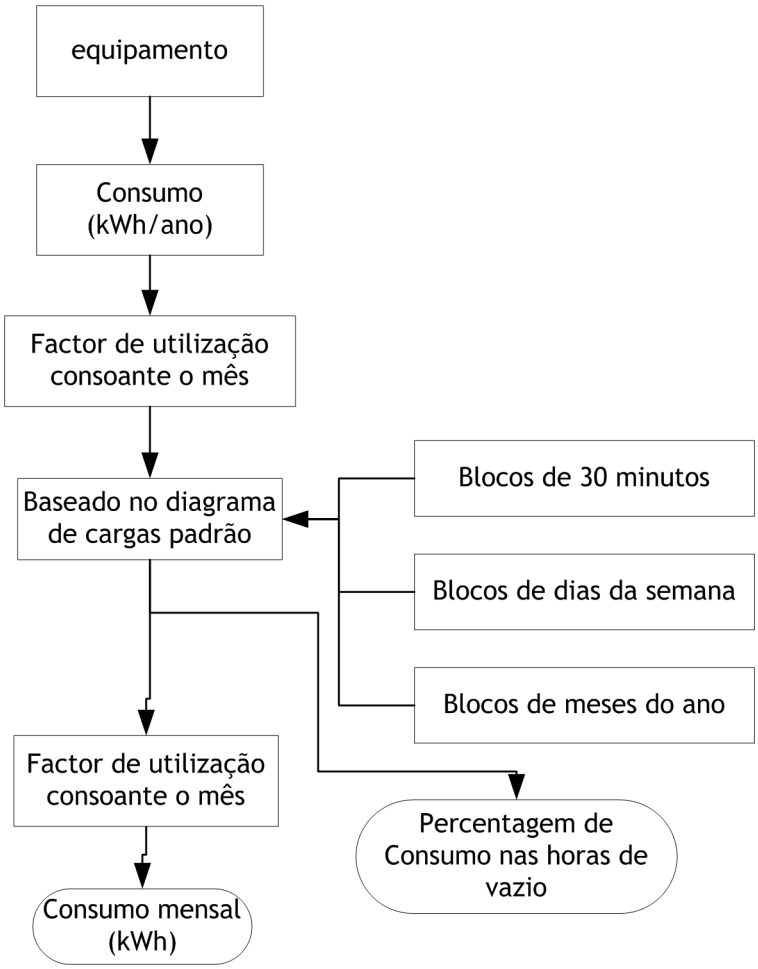

Figura 3.5: Fluxograma para equipamentos em que se conhece o consumo em kWh/ano.

Apesar do simulador da EDP não apresentar diagrama de cargas mas sim apenas o consumo mensal, o uso de parâmetros como o número de lavagens (ou cargas) é suficiente para o cálculo. No entanto, um dos parâmetros é a escolha da percentagem de consumo nas horas de vazio. O modelo das características é praticamente a mesma do modelo anterior (Figura 3.6).

O utilizador poderá não saber quanto tempo a máquina funciona, a programação tratará de incluir informação adicional com base nos padrões do tempo de duração de uma lavagem. Caso o utilizador preencha mais que um bloco de uma hora, então será assumido como o tempo de funcionamento.

Esta metodologia permite, caso o utilizador ligar uma das máquinas meia hora antes de acabarem as horas de vazio, interpretar que apenas uma parte do funcionamento da máquina foi efectuada nas horas de vazio.

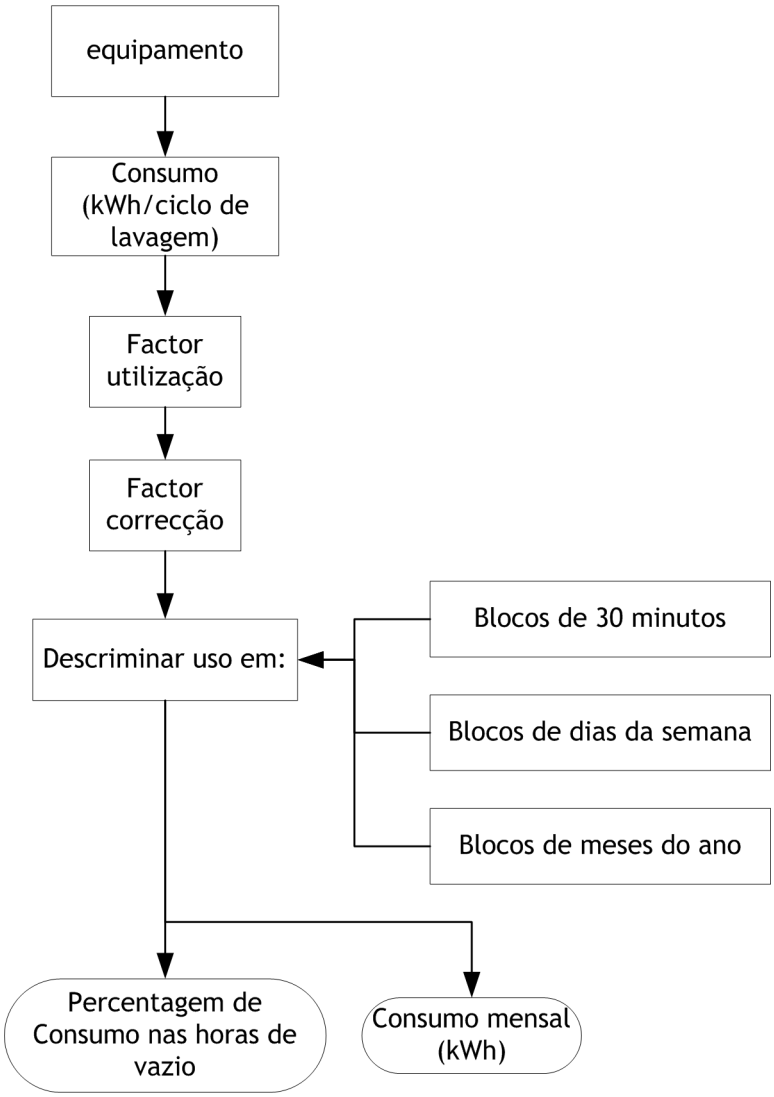

Figura 3.6: Fluxograma para equipamentos em que se conhece o consumo em kWh/ciclo de lavagem.

3.1.3.4 Consumo energético em kWh/kg

Este tipo de consumo está relacionado com máquinas de secar roupa e a escolha da quantidade do peso que é colocado na máquina esta dividida em carga completa ou meia carga porque praticamente todo o uso efectuado será dentro destas duas opções.

A Figura 3.7 representa o fluxograma da modelização das características típicas destes equipamentos.

Tal como o referido em relação às máquinas de lavar, o consumidor também descreverá as horas, dias e meses de funcionamento do equipamento e os pressupostos são as mesmas referidas atrás.

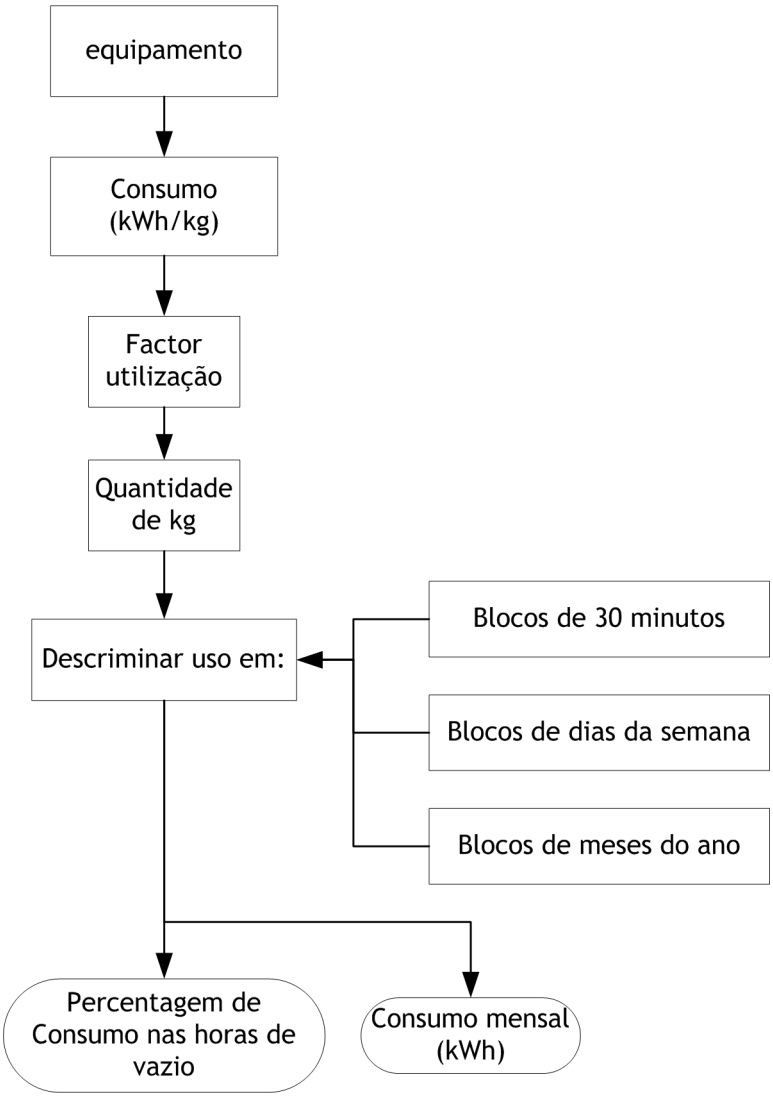

Figura 3.7: Fluxograma para equipamentos em que se conhece o consumo em kWh/kg.

3.1.3.5 Consumo energético em kWh/semana

Alguns aparelhos/equipamentos como as impressoras apresentam o consumo em modo hibernação, *off-mode* e o TEC[1] (kWh/semana) que depende da velocidade de impressão, ou seja, quanto mais rápida for a velocidade de impressão, menor é o consumo.

Esta poderá ser uma informação difícil de obter, uma vez que a informação disponibilizada tanto pode ser dada em TEC (kWh/semana) ou apenas a velocidade de impressão a preto e a cores, no entanto existe uma tabela de referência que relaciona a velocidade de impressão com o TEC [42] e a Figura 3.8 representa a modelização destes equipamentos.

A modelização diferencia-se um pouco das restantes utilizadas nos equipamentos anteriormente descritos, no entanto a única diferença é que o processo de decisão está apenas na informa-

[1]Typical Electricity Consumption de acordo com a Energy Star.

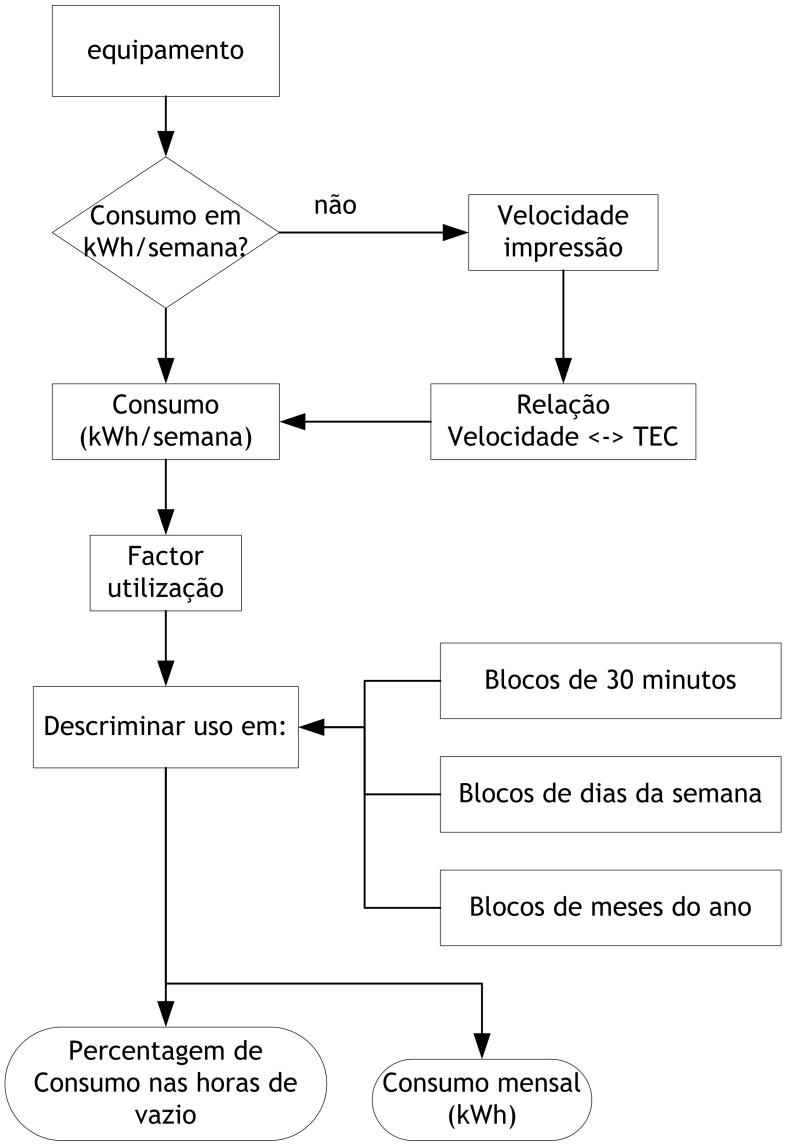

Figura 3.8: Fluxograma para equipamentos em que se conhece o consumo em kWh/semana.

ção relação velocidade de impressão com o TEC. A descriminação do uso é algo sensível uma vez que o uso de impressoras em casa geralmente é algo rápido. No entanto estes aparelhos sofrem também do consumo em modo *hibernar* e em *off-mode*.

Assume-se que praticamente todas as impressões realizadas são a preto e branco uma vez que a medida TEC varia consoante a velocidade de impressão ser a preto e branco ou a cores.

3.1.4 Apoio ao cliente

O simulador terá um apoio ao cliente para que haja uma troca de informação de equipamentos entre os consumidores e o provedor de serviços sobre os seus equipamentos que não existam na lista actual. Qualquer que seja a mensagem enviada por correio electrónico, este será prontamente

respondida pelo provedor dos serviços pelo mesmo caminho, disponibilizando o máximo de informação e caso seja necessário, existirá um *feedback* para tentar conhecer as características do equipamento em falta.

3.1.5 Potência contratada

Tal como no simulador da EDP existe a possibilidade de estimar a potência a contratar, na metodologia aqui proposta, chega-se a conclusão que a insistência em descriminar por blocos as horas, dias e meses traduz-se num cálculo automático da potência contratada.

A avaliação da potência instantânea máxima atingida é calculada por programação, analisando cada bloco e somando todos os valores das potências instantâneas de equipamentos que possam estar a consumir nesse mesmo instante. O máximo é então guardado numa variável.

De notar que trata-se na mesma de uma estimativa dessa potência, no entanto traz a vantagem de não ter que se escolher a opção de simultaneidade em cada equipamento como acontece no caso do simulador da EDP.

3.1.6 Diagrama de cargas

Este serviço apresenta um conjunto de gráficos que ajuda a identificar as horas de maior e menor consumo em intervalos de horas do dia (diário), dias num mês (mensal). Como todos os equipamentos têm descriminado em horas, dias e meses, mais uma vez demonstra-se a vantagem da abordagem realizada para cada equipamento, já que é possível verificar os diagramas durante todos os dias de todos os meses.

O serviço disponibilizado permite, como é exemplificado na Figura 3.9, a possibilidade de gerar diagramas de cargas diários e mensais.

3.1.7 Tarifários

Os valores usados foram cedidos por cortesia, pelo Engenheiro Jorge Miguel Silva Oliveira, apesar de serem dados públicos, alguns tratamentos dos dados foram previamente realizados para uma melhor implementação do serviço. Estes dados deram a possibilidade de criar um serviço que utiliza o poder de uma aplicação gráfica onde o utilizador poderá facilmente tirar conclusões sobre as mudanças a nível de consumo e hábitos dos mesmos e assim desfrutar de um tarifário favorável consoante a potência que consume ou consumirá.

As variáveis em questão são as seguintes: consumo mensal em kWh, percentagem do consumo mensal nas horas de vazio, preço equivalente da energia €/kWh e a potência contratada (sem IVA nem contribuição audiovisual).

Todos estes dados estão disponíveis após a utilização do simulador de consumos. Como foi explicitado anteriormente, todos os tipos de equipamentos apresentam uma metodologia que permite conhecer todos os consumos mensais individuais assim como as suas percentagens de consumo nas horas de vazio. O último parâmetro envolvido está relacionado com a potência contratada. Esta caracteriza-se, pelo valor máximo permitido de potência instantânea consumida no momento.

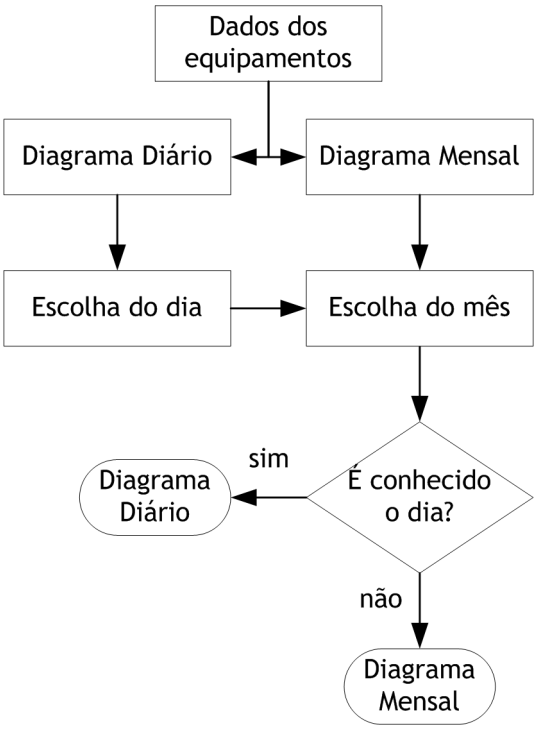

Figura 3.9: Fluxograma sobre a escolha de diagrama diário ou mensal.

Uma das funcionalidades apresentadas neste serviço é a possibilidade de alternar entre as gamas de potência contratada praticadas pela EDP. Este processo confere uma dinâmica simples na comparação de tarifários em diferentes potências contratadas, mantendo as mesmas características tais como o consumo mensal e a percentagem de consumo nas horas de vazio, desta forma o consumidor pode avaliar se o seu tarifário actual é o mais adequado aos seus hábitos de consumo e que vantagem terá em mudar, tanto de tarifário e/ou potência contratada, poderá representar uma redução de custos significativos que em alguns casos podem ser substanciais ao fim de um ano.

O primeiro passo deste serviço (Figura 3.10), é a decisão sobre quais os valores iniciais a utilizar uma vez que nos outros serviços há a possibilidade de identificar a potência contratada e tarifa actual do cliente ou estes serem estimados pelo simulador.

Se o cliente tiver uma tarifa bi-horária é fácil conhecer a percentagem de consumo nas horas de vazio, caso contrário este valor virá igualmente do simulador.

De seguida e utilizando os valores anteriormente destacados, é gerado um gráfico com o consumo mensal no eixo das ordenadas e a percentagem do consumo nas horas de vazio no eixo das abcissas.

Este gráfico relaciona o consumo mensal com a percentagem do mesmo nas horas de vazio, dando um ponto que corresponderá à tarifa que melhor se aplica às características apresentadas do consumidor. Este terá a hipótese de alterar a gama de potência contratada para verificar se a potência contratada que usa é realmente a mais aconselhada para as suas características e se ao mudar o tarifário correspondente também apresenta uma melhor solução que a actual, o cliente

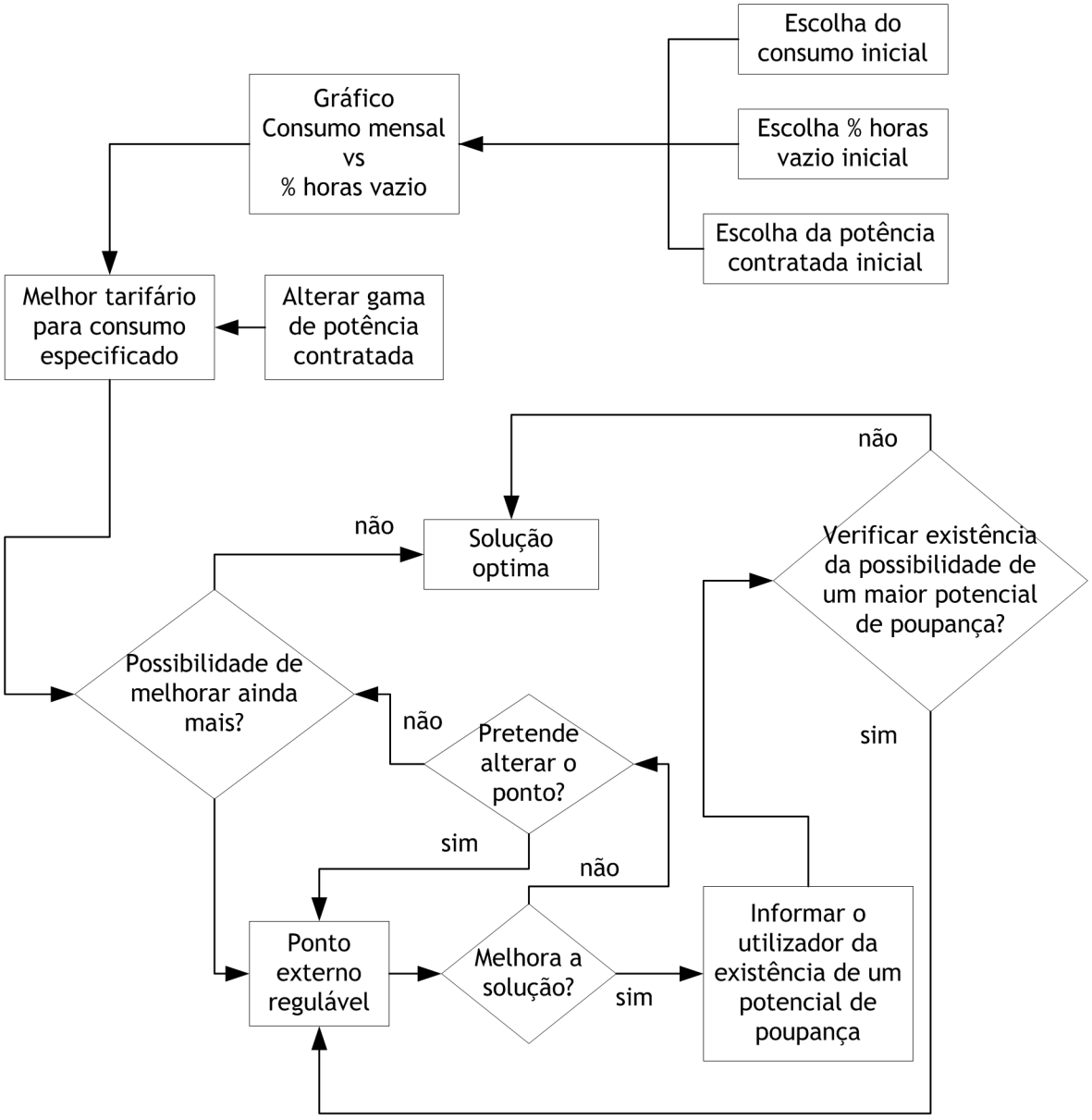

Figura 3.10: Fluxograma para análise do melhor tarifário consoante a potência contratada.

têm assim um indicador que o informa que poderá fazer alterações e assim poupar dinheiro.

Outra funcionalidade é a possibilidade de avaliar alterações a nível de consumo mensal e percentagem nas horas de vazio.

Se o utilizador decidir variar um ponto secundário existente no gráfico, poderá alterar as coordenadas desse ponto e comparar com o ponto primário (situação actual). Este ponto traz assim vantagens na medida de que este poderá estar a melhor consideravelmente as suas poupanças. No entanto estas mudanças poderão implicar a alteração de hábitos de consumo, neste caso o serviço informa que existe um potencial de poupança que poderá ser explorado variando certos aspectos do seus hábitos.

É importante realçar que o ponto secundário não deve abranger uma área muito grande uma vez que diminuir o consumo, por exemplo, para metade e esperar que esta seja a melhor solução é um cenário muito pouco viável. Estas são situações extremas. Convêm ter em conta que o potencial de poupança do consumidor não abrange todo o gráfico mas sim uma nuvem difusa à volta do ponto primário.

3.1.8 Consumo baseado em histórico de facturas

A partir dos valores dos consumos de energia dos meses anteriores, este serviço gera um gráfico de dispersão. Desta forma, o consumidor poderá avaliar o histórico do seu consumo, permitindo-lhe assim, identificar um crescimento, estabilidade ou um decréscimo no consumo ao longo dos meses.

3.2 Serviços *Web* com ligação a *smart meters*

Com a introdução de dispositivos tais como os *smart meters*, todos os parâmetros dos equipamentos discutidos anteriormente deixam de fazer parte de uma nova geração de serviços *web*. Este é um dos pontos fortes para o consumidor pois não necessita de introduzir nenhum tipo de *input*. Passa apenas a verificar em tempo real, o seu consumo tomando decisões.

3.2.1 Despesa mensal

O *smart meter* tipicamente regista o consumo diário à meia-noite de cada dia e envia para a *HAN*, não havendo necessidade de transmissão de dados para o exterior da *HAN*. Este serviço pode ser acedido remotamente, a partir de uma aplicação em *Adobe AIR*[2] por exemplo.

Este serviço guarda os valores dos consumos diários da primeira semana de cada mês. A partir desses valores o serviço estima uma linha de tendência do consumo mensal que o utilizador terá ao fim desse mês.

O consumidor terá assim conhecimento do gasto que implica esse consumo e a partir desta informação o serviço tenta sensibilizar o consumidor a reduzir o consumo na próxima semana para este conseguir uma poupança.

A Figura 3.11 exemplifica uma modelização típica da leitura, registo e previsão do custo que o consumidor terá mantendo os actuais hábitos de consumo.

O serviço estima o custo sempre que surge uma nova entrada do registo, para valores referentes aos mesmos dias da semana, será realizada uma média dos consumos respectivos. Assim a previsão molda-se ao consumo típico. A Figura **??** demonstra um exemplo de uma previsão ao fim de uma semana. O consumidor baixa o seu consumo em 10% conseguindo poupar em relação a previsão realizada.

[2] *Adobe AIR* é uma RIA (Rich Internet Applications). As RIA's são aplicações *web* que tem funcionalidades e características de *softwares* tradicionais do tipo aplicativo, com interface gráfico semelhante às habituais Aplicações *Desktop*

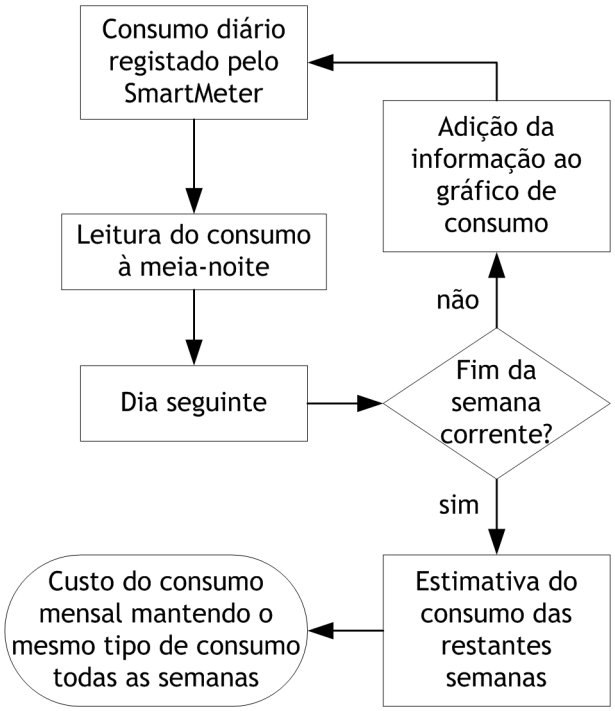

Figura 3.11: Fluxograma da despesa ao fim do mês baseado na previsão dos consumos das semanas anteriores.

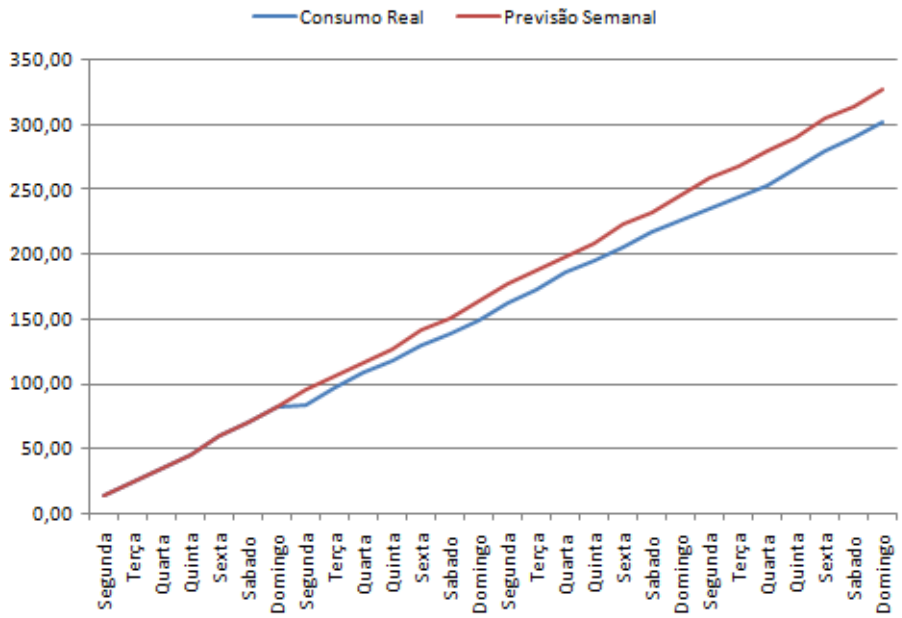

Figura 3.12: Exemplo de uma previsão da despesa mensal a partir de dados da 1ª semana.

3.2.2 Classificação ou certificação do consumo

O que é proposto nesta secção é uma classificação (ou certificação) do consumo mensal, isto é, cada consumo mensal monitorizado pelo *smart meter* (ou por outro meio viável em termos de informação obtida) seria avaliado e anunciada uma classificação consoante os valores padrões para a tipologia da sua habitação.

Esta avaliação poderia depois premiar os consumidores mais eficientes (ainda por definir), consoante o número de estrelas obtidas (no máximo com 5 estrelas).

A atribuição das estrelas será um processo que envolve a tipologia da habitação e a classe de eficiência atribuída à mesma (Certificação de Edifícios). Estes parâmetros formam um intervalo padrão de valores de consumo de energia mensal. Por cada mês que o *smart meter* envia a leitura do consumo mensal, é atribuída uma das 5 estrelas consoante o valor registado.

Valores abaixo do limite mínimo traduzem-se em 5 estrelas e valores acima do limite máximo "premeiam"o cliente com 1 estrela.

3.2.3 Ligações remotas a uma *Home Area Network* ou *Wide Area Network*

A informação que o *smart meter* transmite através de uma *smart grid*[3] tem que ser enviada por pequenos pacotes e de forma sincronizada de forma a não congestionar as redes. Existe informação que não precisa necessariamente de ser transmitida para fora da habitação (Figura 3.13).

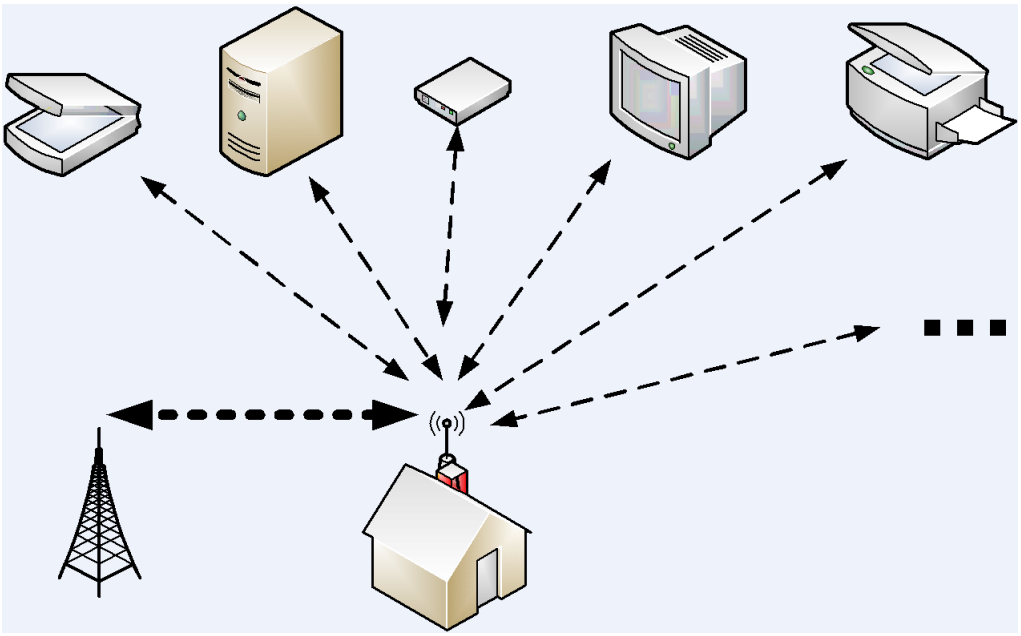

Figura 3.13: Exemplo de uma *Home Area Network*.

[3]Conceito tecnológico que propõe para a rede eléctrica "uma ampla arquitectura de referencia baseada em sistemas abertos para as companhias de energia do futuro". Esta arquitectura possibilita a integração de equipamentos inteligentes e redes de comunicação de dados [43].

Existem vantagens em monitorizar todos os equipamentos e poder ter acesso quase em tempo real do consumo individual dos mesmos. O consumidor terá toda a informação necessária para minimizar o consumo da habitação.

Infelizmente, este tipo de serviços necessita de dispositivos externos ao *smart meter*, isto é, necessidade de introduzir pequenos dispositivos ligados a cada equipamento, ou pelo menos, aos mais importantes da habitação, e que apresentam algum tipo de transmissor de informação. A forma de enviar informação pode ser por cabos ou *wireless*, apesar de que a primeira envolve o uso de cablagem e portanto a opção por *wireless* é a mais prática.

Já existe no mercado e a preços acessíveis este tipo de equipamentos, o projecto REMODECE inclusive, utilizou alguns destes dispositivos para a obtenção de resultados. No entanto, os equipamentos usados são ligeiramente caros porque apresentam um pequeno ecrã com indicação da potência instantânea, mas o que se pretende são equipamentos mais simples no que se refere ao aspecto físico. São aparelhos que fazem a ligação entre o aparelho e a tomada, onde a diferença é apresentarem no seu interior um dispositivo que transmite informação para o *smart meter* ou para qualquer servidor local que seja instalado e programado para interpretar tais dados.

O consumidor poderá assim, sem que os dados sejam enviados para o exterior, ter um controlo mais restrito sobre o consumo, tendo a possibilidade de analisar quais equipamentos poderão estar a consumir em demasia ou que tenham acidentalmente estado ligados.

Para além de todas as vantagens já discutidas, existe a possibilidade de interligar na *WAN* outros tipos de ligações "extra"habitação. Poderá ser usada para transmitir informação sobre carros eléctricos ou por microgeração, tornando estes sistemas em investimentos rentáveis.

3.2.4 Acesso remoto a dispositivos móveis

Nesta secção são descritos assuntos que passam por equipamentos e soluções práticas para aceder aos Serviços *Web* que controlam os aspectos de gerência dos consumos, entre outros.

A ideia que se pretende transmitir é a de que o consumidor doméstico possa aceder às leituras dos seus consumos em qualquer parte da habitação. Num cenário envolvendo domótica, podendo-se aceder a qualquer parte do mundo.

3.2.4.1 Envio de avisos

Os equipamentos móveis poderão ser telemóveis com suporte *GPRS*, *Wireless*, entre outros, que contendo um sistema operativo permita aceder aos Serviços *Web* ou pelo menos a alguns deles. Para telefones com tecnologias menos avançadas e com ou sem acesso à *web*, poderão existir serviços mais básicos, como por exemplo, um envio de uma *SMS* com as informações básicas das contagens, indicação de anomalias, valores de consumo ao fim do dia, excesso de consumo consoante um limite predefinido.

Os telemóveis têm evoluído para equipamentos onde soluções que incorporem utilitários que somente computadores/portáteis tinham possibilidades de acesso, sejam implementadas. Num cenário futurista, qualquer consumidor doméstico poderá com uma simples combinação de teclas,

activar determinados tipos de serviços relacionados com o controlo de electricidade na sua habitação, é necessário no entanto existem incentivos por parte das empresas para disponibilizarem estes serviços.

Empresas, como a *SmartSynch* utiliza as redes *wireless* públicas de empresas de comunicação como a *T-Mobile*. Protocolos que permitam o acesso a aplicações nos *smart phones* não serão de difícil implementação e regulamentação.

Todas estas ideias só serão possíveis se as empresas responsáveis tomarem iniciativas e mostrarem que realmente o futuro estar na partilha de informação e no controlo de eficiência energética do sector doméstico em qualquer ponto do mundo. É uma situação de ganho mútuo, uma vez que para o lado do comercializador, há o aumento de compras de equipamentos mais avançados enquanto para o lado do cliente, porque a tarefa de controlo do seu consumo mensal torna-se eficiente e sem complicações.

Uma vasta quantidade de aplicações poderão existir conciliando o mercado das novas tecnologias e linguagens de programação. Os *smart phones*, por exemplo, os *PDA*[4]. Normalmente vêm com sistemas operativos como o *Windows Mobile*.

No entanto os dispositivos mais interessantes são os casos do *iPhone 3G*[5] ou mesmo o emergente *Neo FreeRunner*[6] com uma plataforma e *software open source* proporcionando quase nenhum limite para as possibilidades de implementação de aplicações que permitam uma interactividade com a habitação do consumidor.

A Figura 3.14 demonstra um esquema de transferências de informação entre consumidor e habitação.

A segurança e privacidade do cliente têm que ser garantidas para uma implementação bem sucedida no mercado. A privacidade do consumidor é um dos pontos mais importantes e que não pode ser deixado de parte. No entanto, cabe às empresas envolvidas garantir essa segurança. Como foi referido anteriormente, existem várias normas (ANSI[7], IEEE[8], entre outras), assim como entidades reguladores e de certificação.

3.2.4.2 Provedor de Serviço

Para que haja comunicação entre um cliente, neste caso o consumidor doméstico, e os serviços aos quais pretende recorrer, é necessário existir uma ponte que faça com que a transmissão de informação seja bidireccional.

Um computador ligado em rede é designado por servidor desde que ele seja um provedor de serviços ou informações. A um conjunto de actividades associadas com a *web*, dá-se o nome de serviços da *internet* e são, em geral, disponibilizados por entidades designadas por provedores de serviço.

[4]Personal Digital Assistant.
[5]Da empresa Apple.
[6]Da empresa $OpenMoko^{TM}$.
[7]*American National Standards Institute*
[8]*Institute Of Electrical and Electronics Engineers*

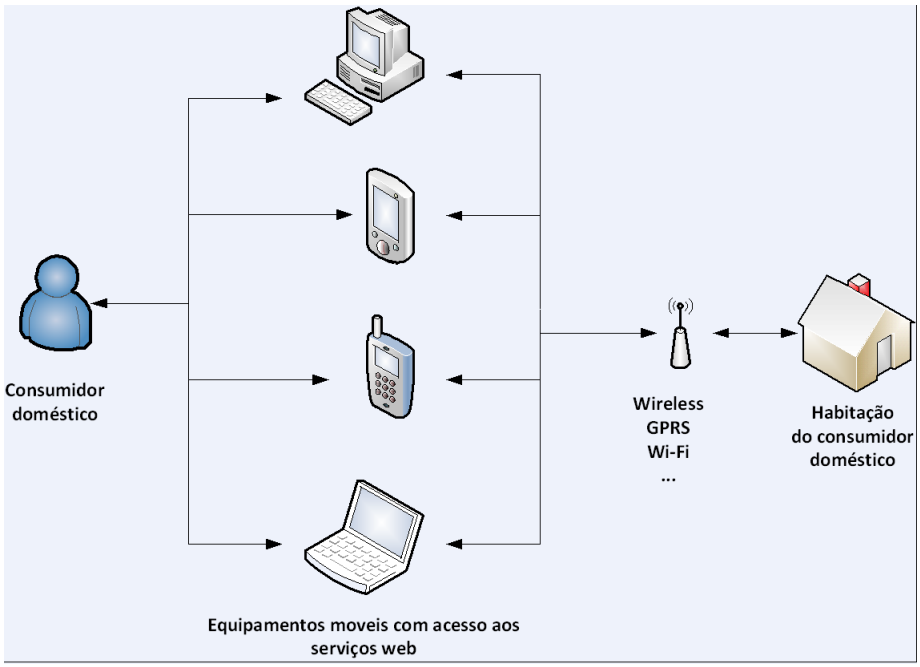

Figura 3.14: Comunicação do consumidor com o *smart meter* instalado na sua habitação.

Capítulo 4

A aplicação SWGESTIC

Este capítulo incidirá sobre a aplicação criada seguindo a metodologia desenvolvida num ambiente *web*.

A aplicação encontra-se ainda em fases de teste, sendo de esperar que se encontrem ainda alguns *bugs*. No entanto grande parte dos serviços sem ligação a *smart meters* já se encontra praticamente funcional uma vez que foram usados valores de *inputs* que simulassem os dados provenientes do *smart meters*.

4.1 Protótipo do Serviço *Web*

4.1.1 Registo

Como é apresentado na Figura 4.1, o consumidor tem a oportunidade de fazer um novo registo ou simplesmente validar-se. Se já é um cliente dos serviços, então todos os dados inseridos previamente são preenchidos automaticamente.

Figura 4.1: Registo ou validação de um consumidor doméstico.

Como qualquer serviço de registo de utilizadores, este também oferece a opção da gravação de dados entretanto inseridos assim como o *log off* do utilizador (Figura 4.2).

Figura 4.2: *Log-off* do utilizador registado.

4.1.2 Habitação

Tal como descrito na metodologia a adoptar, uma das características importantes para identificar a que tipo de habitação o consumidor pertence, foi criado este serviço no qual poderá variar os parâmetros que mais se assemelhem com a sua habitação. Note-se que foi considerado o uso da área total da habitação como descrito em secções anteriores.

No canto inferior existe a possibilidade de inserir os dados referentes ao actual contracto com a empresa de distribuição.

A Figura 4.3 demonstra a interface das características da habitação.

Figura 4.3: Tipologia da habitação.

4.1.3 Transferência de carga

Este é um serviço que à primeira vista apresenta semelhanças com os simuladores de consumos convencionais. No entanto, aqui o consumidor tem a possibilidade de visualizar a distribuição do consumo ao longo do dia de cada mês, podendo realizar uma transferência de carga para conseguir uniformizar o diagrama de carga assim como baixar a potência de modo a que não atinja o limite

máximo da potência contratada. Outra vantagem é que a interface gráfica indica quais são as horas que pertencem ao ciclo de vazio (dependendo da tarifa actual do consumidor).

Todos os parâmetros podem ser alterados nos outros serviços uma vez que a aplicação é dinâmica e adapta-se a todas as mudanças efectuadas. As Figuras 4.4 e 4.5 demonstram um exemplo de um cenário de transferência de cargas.

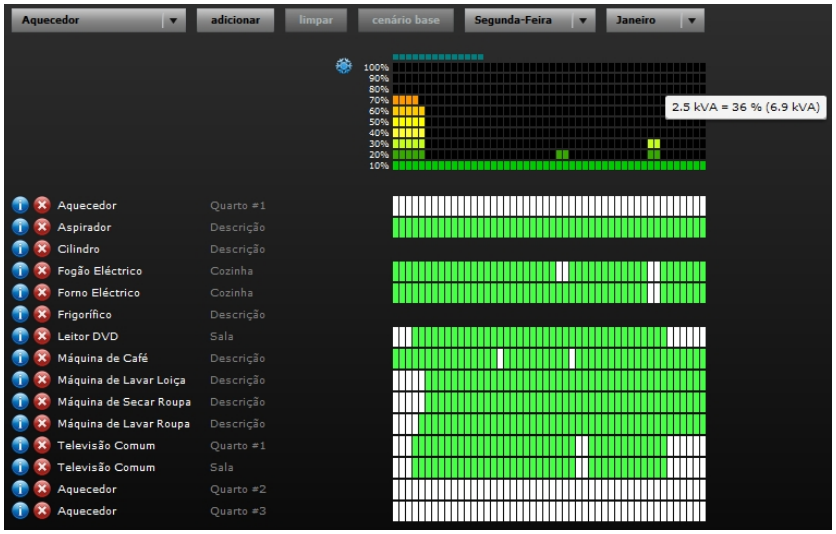

Figura 4.4: Cenário actual de uma simulação.

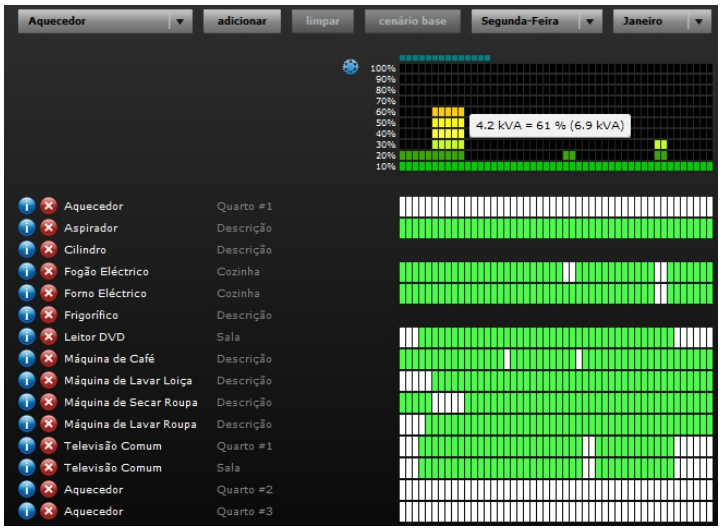

Figura 4.5: Alteração do consumo de equipamentos de forma a baixar a potência em horas críticas.

As Figuras 4.6 à 4.9 apresentam os vários parâmetros a serem alterados pelo consumidor consoante se adaptem melhor à sua situação.

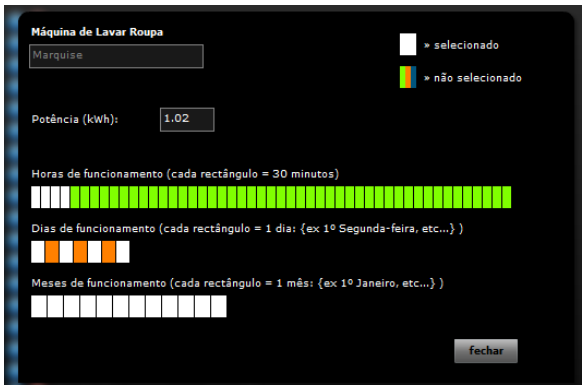

Figura 4.6: Edição das características de uma Máquina de Lavar Roupa.

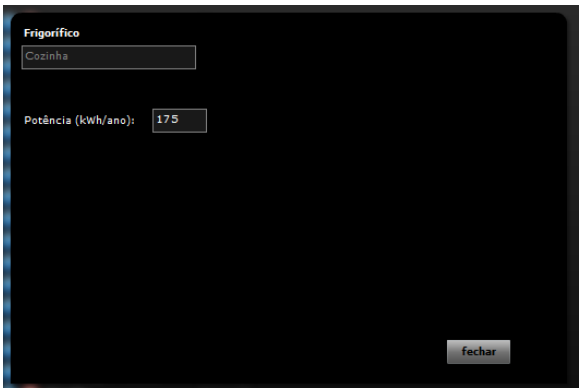

Figura 4.7: Edição das características de um Frigorífico.

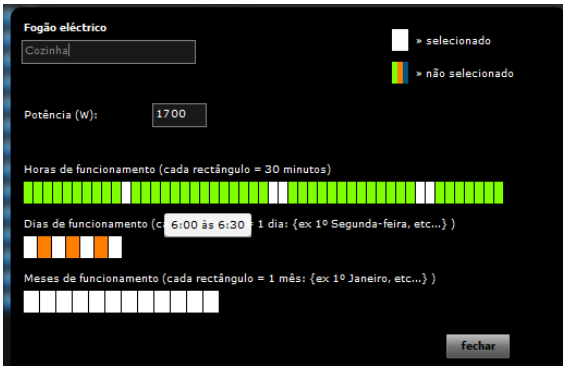

Figura 4.8: Edição das características de um Fogão eléctrico.

4.1.4 Aconselhamento do melhor tarifário

Numa primeira análise (Figura 4.10) pode-se verificar que para um consumo de 200 kWh e com uma potência contratada de 6.9 kVA, para uma percentagem de consumo nas horas de vazio abaixo dos 40% é mais vantajoso optar pela tarifa edp5D Simples.

Para valores superiores compensa mudar para a tarifa edp5D bi-horária.

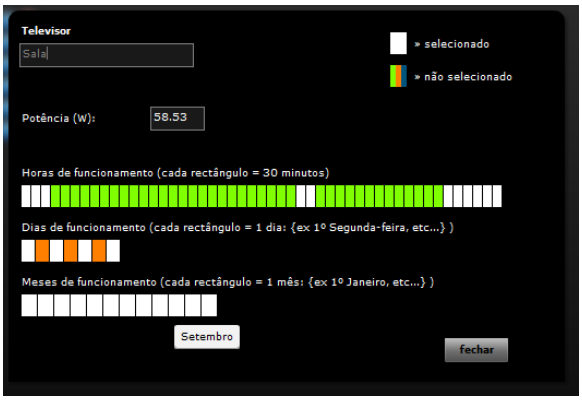

Figura 4.9: Edição das características de um Televisor.

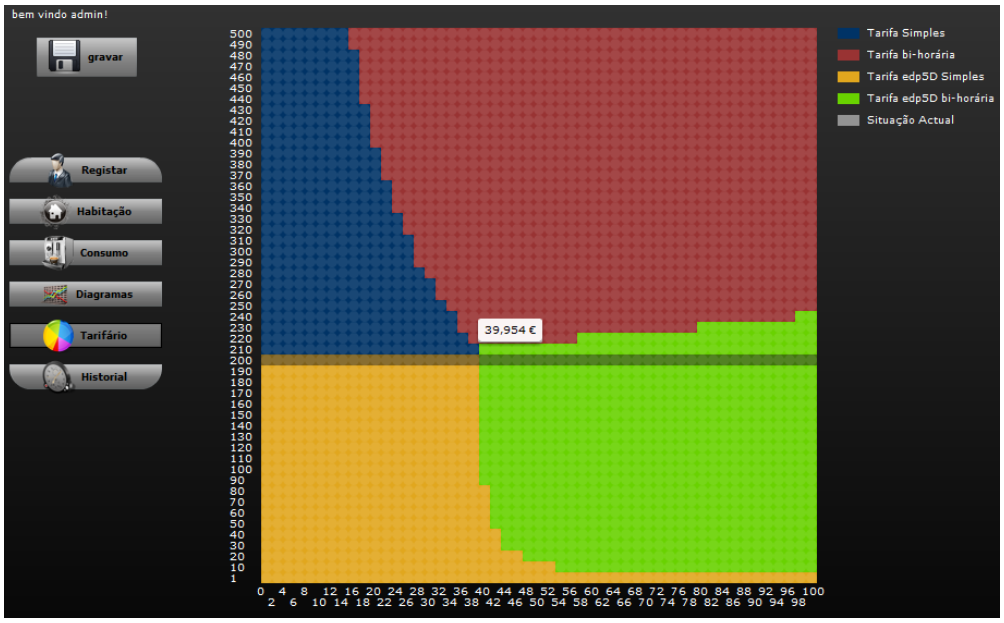

Figura 4.10: Para um consumo mensal de 200 kWh e uma potência contratada de 6.9 kVA.

Analisando esta situação (Figura 4.11) verifica-se que para o mesmo consumo (200 kWh) mas para uma potência contratada de 3.45 kVA, para uma percentagem de consumo nas horas de vazio abaixo dos 24 % é mais vantajoso optar pela tarifa Simples. Para valores superiores compensa mudar para a tarifa bi-horária.

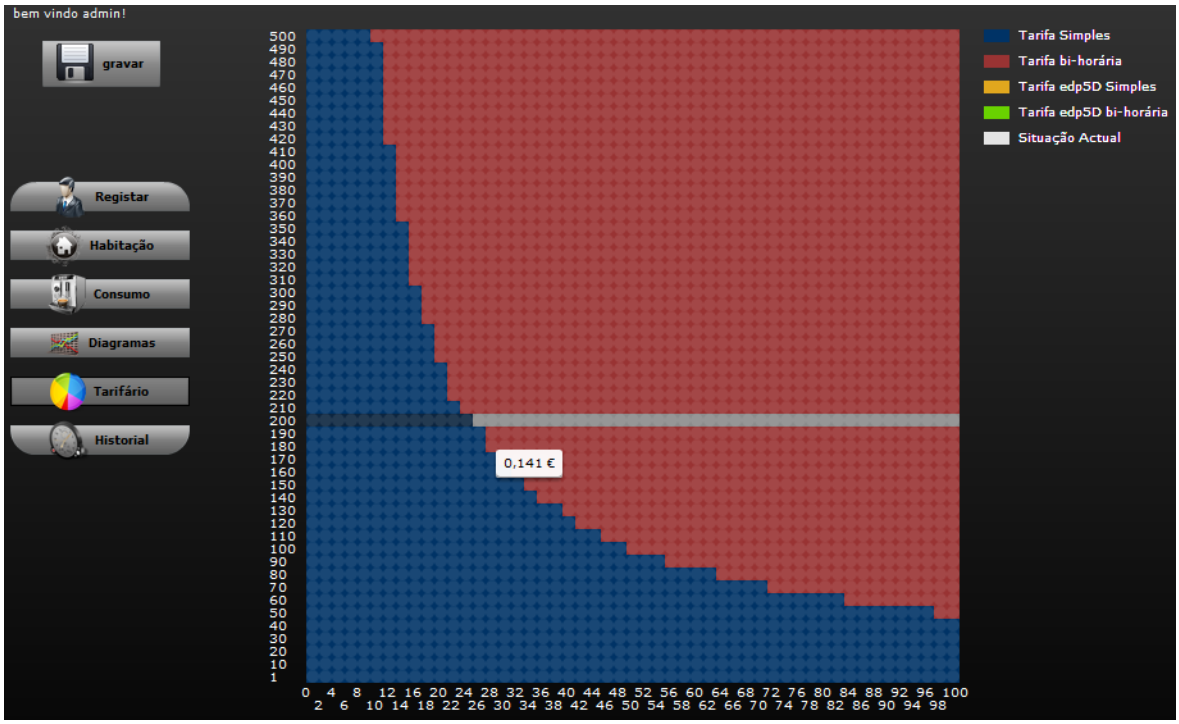

Figura 4.11: Para um consumo mensal de 200 kWh e uma potência contratada de 3.45 kVA.

Referências

[1] The Boston Consulting Group. Smart portugal 2020. Technical report, Associação Portuguesa para o Desenvolvimento das Comunicações, Novembro 2008.

[2] EDP. Energias de Portugal, Junho 2009. http://www.servicos.edp.pt/download/flash/simul_global.html.

[3] Union Fenosa. Centro de eficiência energética, Janeiro 2009. https://www.unionfenosamultiservicios.com/eficiencia/portugal/simuladores/seleccion/MenuSimulador_ext.html.

[4] REMODECE. Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emissions in Europe, Janeiro 2009. http://www.isr.uc.pt/~remodece.

[5] Chris Beard. *Smart Metering For DUMMIES*. John Wiley and Sons, Ltd, 2008. ISBN: 978-0-470-74164-1.

[6] ECHELON. Embedded control networking technology, Janeiro 2009. http://www.echelon.com.

[7] Yello Strom. Das nennen wir guten service, Janeiro 2009. http://www.yellostrom.de.

[8] Onzo. Live lighter. live smarter, Janeiro 2009. http://www.onzo.co.uk.

[9] Landis+Gyr. Manage energy better, Janeiro 2009. http://www.landisgyr.eu.

[10] Tendril. Smart energy for life, Janeiro 2009. http://www.tendrilinc.com/.

[11] Plogg. Wireless energy management, Janeiro 2009. http://www.plogginternational.com/ploggproducts.html.

[12] The Energy Detective. Electricity monitor, energy monitor, power monitor, Janeiro 2009. http://www.theenergydetective.com.

[13] Logitech. *SmartPhones*, Janeiro 2009. http://www.logitech.com.

[14] DIY KYOTO. Dispositivo de monitorizaçao, Janeiro 2009. http://www.diykyoto.com/uk.

[15] Make: technology on your time. Blogue, Janeiro 2009. http://blog.makezine.com/archive/2009/01/tweetawatt_our_entry_for_the_core77.html.

[16] Thomas L. Friedman. *Hot, Flat, and Crowded: Why We Need a Green Revolution—and How It Can Renew America*. Farrar, Straus, and Giroux, 2008. ISBN: 978-0-374-16685-4.

[17] EDP. Energias de Portugal, Junho 2009. http://www.eco.edp.pt/auditoria_energetica.

[18] ERSE. Entidade reguladora do sector eléctrico, Janeiro 2009. http://www.erse.pt/vpt/entrada/electricidade/tarifaseprecos.

[19] CEAL. Companhia energética de alagoas, Janeiro 2009. http://www.ceal.com.br/economizeenergia.aspx.

[20] P3E. Eficiência energértica de equipamentos, Janeiro 2009. http://equipamentos.p3e-portugal.com.

[21] CGD. Ciclo de poupança, Janeiro 2009. http://www.ciclodapoupanca.com.

[22] S.A. Furnas, Centrais Elétricas. Simulador de consumo de energia elétrica, Janeiro 2009. http://www.furnas.com.br/simulador/index.htm.

[23] Defesa do Consumidor. Simuladores, Janeiro 2009. http://www.deco.proteste.pt/simuladores-p31681.htm.

[24] Companhia Estadual de Energia Elétrica Rio Grande do Sul. Portal eletrónico, Janeiro 2009. http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Component/Controller.aspx?CC=1755.

[25] Programa Celesc de Eficiência Energética. Simulador de consumo, Janeiro 2009. http://proceleficiencia.celesc.com.br/index.php?novasessao=14.

[26] Enerarea. Projecto racionalização de energia em ambiente doméstico, Janeiro 2009. http://www.read-enerarea.com.

[27] Ecocasa. Conselhos para eficiência energética em habitações, Janeiro 2009. http://www.ecocasa.org/index2.php.

[28] Reduce Impact. Calculate your carbon footprint and reduce your impact, Janeiro 2009. http://www.reduceimpact.com/.

[29] Reduce Impact. Rotulagem em matéria de eficiência energética para equipamento de escritório, Janeiro 2009. http://www.eu-energystar.org/pt/pt_calculator.shtml.

[30] Energy Saving Trust. Concelhos para eficiência energética, Janeiro 2009. http://www.energysavingtrust.org.uk.

[31] Energywise. Calculate your energy savings, Janeiro 2009. http://www.energywise.org.nz/calculator.

[32] Companhia Paranaense de Energia Elétrica. Simulador de consumo de energia elétrica, Janeiro 2009. http://www.copel.com/hpcopel/simulador.

[33] Efficient Electricity. Informações sobre eficiência energética, Janeiro 2009. http://www.efficient-electricity.info.

[34] Energy Neighbourhoods. Informações sobre eficiência energética, Janeiro 2009. http://www.energyneighbourhoods.eu/gb/.

[35] Ecolish. Energy, exploitation and performance contracting for low income and social housing, Janeiro 2009. http://www.ecolish.com.

[36] Odyssee. Energy Efficiency Indicators in Europe, Janeiro 2009. http://www.odyssee-indicators.org.

[37] MURE. Mesures d'utilisation rationnelle de l'Énergie, Janeiro 2009. http://www.mure2.com.

[38] SmartSynch. The smart grid intelligence company, Janeiro 2009. http://www.smartsynch.com.

[39] Logica. Releasing your potential, Janeiro 2009. http://www.logica.pt.

[40] Ubitronix. System solutions gmbh, Janeiro 2009. http://www.ubitronix.com.

[41] ISA. Intelligent sensing anywhere, Janeiro 2009. http://www.isa.pt.

[42] TOPTEN. Best of europe, Janeiro 2009. http://www.topten.info.

[43] Electrobrás. *Visão Geral do SmartGrid*, Anhembi - São Paulo - Brasil, Abril 2007.

[44] NTC Hosting. Ntc web hosting encyclopedia, Janeiro 2009. http://www.ntchosting.com/hosting-terminology.html.

[45] Twitter. What are you doing?, Janeiro 2009. http://twitter.com.

[46] Greener Gadgets. Competição, Janeiro 2009. http://www.greenergadgets.com/index.php/design-competition.

Anexo A

SmartSynch

A *SmartSynch* é uma empresa que tem vindo a desenvolver com sucesso soluções *Smart Grid Intelligence*^{TM} para a indústria desde 2000. As inovações tecnológicas na transmissão bidireccional em tempo real de dados da utilização de energia a partir de redes *wireless* públicas (AT&T, Rogers, T-Mobile, etc.)[1], em contraste com a construção de redes privadas, simplificaram a implementação do conceito de *SmartMeter* no Norte dos Estados Unidos da América [38].

No entanto, esta empresa também apresenta soluções para uso residencial.

A.1 Modelo residencial *Itron CENTRON*® *GPRS*

Figura A.1: Modelo residencial *Itron CENTRON*® *GPRS*

A solução residencial de contagem *AMIntelligence*^{TM}[2] apresenta um módulo de comunicação que é integrado dentro do contador de electricidade *Itron CENTRON*. O *SmartMeter CENTRON GPRS* comunica assim com o servidor de TMS da *SmartSync*h, satisfazendo os protocolos de registo e transmissão de dados ANSI C12.19[3] [38].

Esta solução proporciona uma inteligência permanente (uso critico e taxa de dados) por redes *wireless* públicas e seguras (AT&T, T-Mobile e Rogers *Wireless*) e a internet – em vez de redes privadas pesadas e dispendiosas. Isto faz com rapidez, facilidade e em grande escala a implementação em massa deste modelo, proporcionando aos utilitários um significativo retorno sobre os

[1] Empresas de redes GPRS nos EUA.

[2] AMI - *Advanced Metering Infrastructure* é uma tecnologia que permite a leitura remota dos contadores.

[3] Protocolo específico para as tabelas de dados ANSI. ANSI C12.18 é o protocolo usado para a comunicação bidireccional de um contador de electricidade (Norte dos EUA). É especificamente escrito para comunicações via ANSI Tipo 2 Porta Óptica, e especifica detalhes de um protocolo de baixo nível. O ANSI C12.21 é uma extensão do C12.18, mas escrito para modems, sendo assim melhor para contadores de leitura automática. [44].

recursos (RoR)[4] [38]. O *CENTRON GPRS SmartMeter* é essencialmente um investimento numa tecnologia à prova do que o futuro avizinha. A sua conectividade baseada em IPs[5] estandardizados proporciona-lhe uma adaptação assim como às actualizações para suportar as necessidades sensoriais e comunicativas do dia-a-dia assim como as oportunidades do futuro [38]. Uma das mais importantes características da tecnologia implementada pela *SmartSynch* é a utilização de redes pré existentes, permitindo-lhes evitar a necessidade de construir infra-estruturas dispendiosas e redundantes. Este modelo está à altura do uso das plataformas públicas de GSM[6]/GPRS[7] *wireless* [38].

A gama de temperaturas de funcionamento e a gama de temperaturas da transmissão *wireless* do *SmartMeter CENTRON GPRS* variam dos - 40 ºC até aos 85 ºC. É um equipamento desenhado para funcionar em ambientes com variações de humidade entre os 0 % até 95 % (sem condensação), e está de acordo com a estandardização ANSI 12.20 para classes de precisão de 0.5 % [38]. Este modelo está testado e certificado para corresponder aos seguintes regulamentos e estandardizações industriais [38]:

A.2 Modelo residencial GE I-210+c

Figura A.2: Modelo residencial GE I-210+c.

A solução residencial de contagem AMIntelligence™ apresenta um módulo de comunicação que é integrado dentro do contador de electricidade GE I-210+c. O SmartMeter I-210+c comunica assim com o servidor de TMS da SmartSynch ou com outro sistema fim de curso com a norma C12.21[8], tal como o MV-90 e satisfazendo os protocolos de registo e transmissão de dados ANSI C12.19 [38].

Esta solução é idêntica ao modelo anterior uma vez que também tira proveito das redes wireless públicas e seguras (AT&T, T-Mobile e Rogers Wireless) assim como a internet. Proporcionando todas as vantagens acima mencionadas.

O I-210+c SmartMeter torna-se assim um investimento com as mesmas especificações descritas no modelo anterior.

[4] *Return on Resources* [38].

[5] *Internet Protocol* é um protocolo orientado a dados usado na comunicação de dados através de um *packet-switched internetwork*.

[6] *Global System for Mobile comunications*, ou Sistema Global para as comunicações móveis, é o sistema estandardizado mais popular para os telefones móveis no mundo.

[7] *General Packet Radio Service* é um Serviço Móvel de Dados (*Mobile Data Service*) disponível para os utilizadores de GSM e telefones móveis IS-136.

[8] Ver nota sobre a norma ANSI C12-19.

O SmartMeter I-210+c é um contador electrónico monofásico watt-hora para uso residencial. As vantagens incluem *Time Of Use*, demanda e perfil de carga, monitorização da qualidade da potência e de tensão baixa. Conexão e desconexão remota, programação do contador remoto e compatibilidades com C12.22/C12.21 [38].

A tecnologia da *SmartSynch* está desenhada para comunicar com vários tipos de redes, neste caso, GPRS e *Wi-Fi*[9] [38].

Tal como o Itron CENTRON® GPRS, este apresenta as mesmas condições de operação (temperaturas de funcionamento e de transmissão wireless). O GE I-120+c foi testado e certificado segundo [38].

[9] *Wi-Fi* é uma tecnologia *wireless* patenteada pela empresa *Wi-Fi Alliance* com intenção de melhorar a interoperacionalidade de produtos de redes de área local *wireless* (WLAN) baseados na estandardização IEEE 802.11. Os termos *Wi-Fi* e 802.11 são normalmente permutáveis

Anexo B

Echelon

O sistema NES[1], representado na Figura B.1, consite num conjunto de componentes integrados que fornecem a infra-estrutura para fornecer serviços de energia ao consumidor [6].

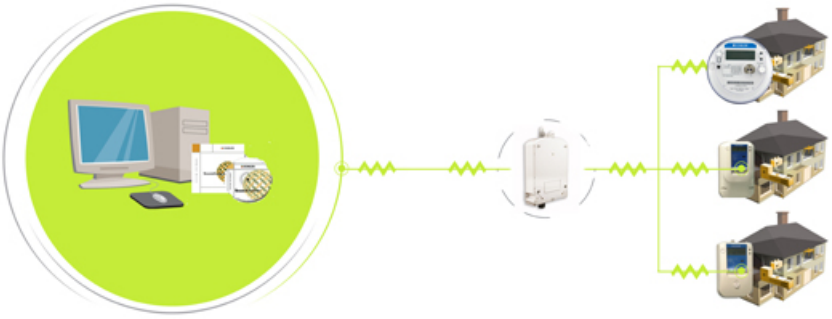

Figura B.1: Diagrama do sistema NES.

B.1 Modelo residencial EM-1021 *SINGLE-PHASE*

O modelo da Figura B.2 é projectado para atender às necessidades energéticas dos consumidores residenciais e de pequenos consumidores comerciais [6].

Estes dispositivos, uma parte integrante do sistema NES, integra um conjunto completo de características de funcionamento com um *software* com controlo de desconexão por interruptor, apresenta um ecrã com informações completas, e um robusto sistema de comunicações bi-direcional por parte da *Smart Grid* da *Echelon* [6].

Os contadores NES são mais do que apenas contadores, contudo, cada contador, automaticamente gerido pelos concentradores de dados da NES, também podem actuar como actuadores para alcançar outros contadores, tornando-se assim num componente fundamental na infra-estrutura subjacente da malha de comunicações [6].

[1] *Networked Energy Services.*

Figura B.2: Modelo EM - 1021 - *Single-Phase* [6].

B.2 Modelo residencial EM-1023 *POLY-PHASE*

O modelo da Figura B.3 varia do primeiro uma vez que apresenta características polifásicas, sendo na mesma vocacionado para atender as necessidades energéticas dos consumidores residenciais e pequenos consumidores comerciais.

Figura B.3: Modelo EM - 1023 - *Poly-Phase* [6].

B.3 Modelo residencial EM-2023 *POLY-PHASE*

Este sistema (Figura B.4) varia do modelo EM-2023, já que estes são concebidos para satisfazer as necessidades de consumidores residenciais com correntes elevadas assim como consumidores comerciais e industrias com consumos de energia razoáveis.

Figura B.4: Modelo EM - 2023 - *Poly-Phase* [6].

Anexo C

Yello Strom

"The *Sparzähler* transforms energy consumers into household energy managers. Small adjustments in how appliances are used could result in up to 10 percent savings in energy use without any reduction in personal comfort."Andreas Berthold-van der Molen *Microsoft Deutschland GmbH* [7].

A Figura C.1 representa o modelo de *SmartMeter* da *Yello Strom* [7].

Figura C.1: *SmartMeter* da *Yello Strom* [7].

C.1 Serviços *Web* prestados pela *Yello Strom*

As Figuras C.2, C.2 e C.2, representam alguns dos serviços *web* disponibilizados pela *Yello Strom*. Os seus serviços baseiam-se em tecnologia da Microsoft uma vez que [7]:

- São custo-eficazes, flexíveis e adaptável;
- Oferecem um simples gerenciamento e excelente segurança;
- Suporte para um completo ciclo de vida.

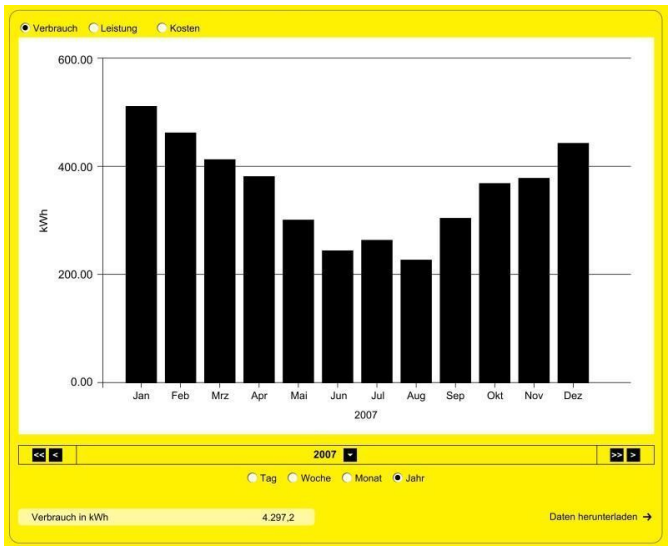

Figura C.2: Exemplo de um diagrama de carga mensal [7].

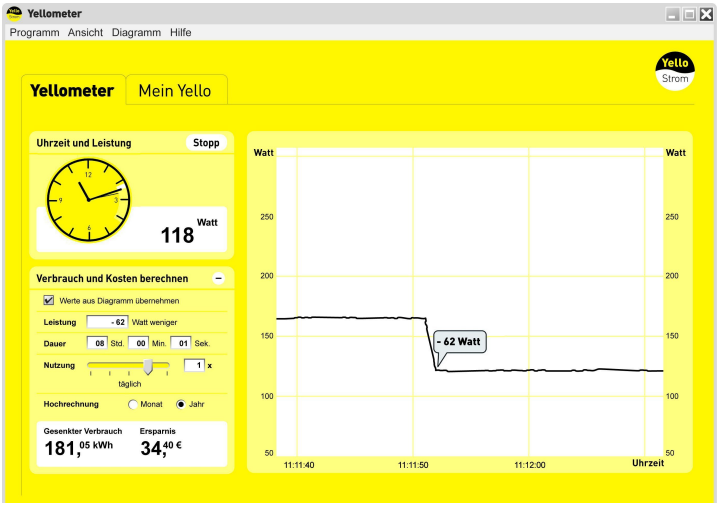

Figura C.3: Exemplo de um diagrama de carga diário [7].

C.2 Yello Strom Sparzähler

O *Yello Strom Sparzähler*[1] é projectado para mudar a forma como os consumidores utilizam a electricidade. Criação a partir de um módulo integrado de comunicações com um contador eléctrico, o *Sparzähler* não faz apenas medidas do uso eléctrico, também oferece aos consumidores um mecanismo de inteligência em tempo real sobre o consumo de energia dos aparelhos domésticos.

Com o desenvolvimento do *Sparzähler*, a *Yello Strom* redefine o nível de serviço que os provedores de serviços oferecem aos seus clientes. Para além de fontes seguras de energia e de precisão,

[1] "Contador de poupança"[7].

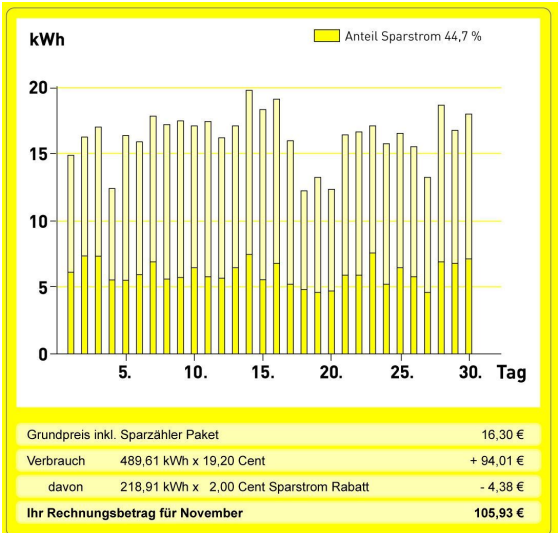

Figura C.4: Exemplo de um de poupança de electricidade mensal [7].

a *Yello Strom* irá rapidamente entregar aos seus clientes um novo serviço que oferece aos consumidores com informação necessária para reduzir o consumo de potência, baixar os custos de energia e minimizar o seu impacto ambiental [7].

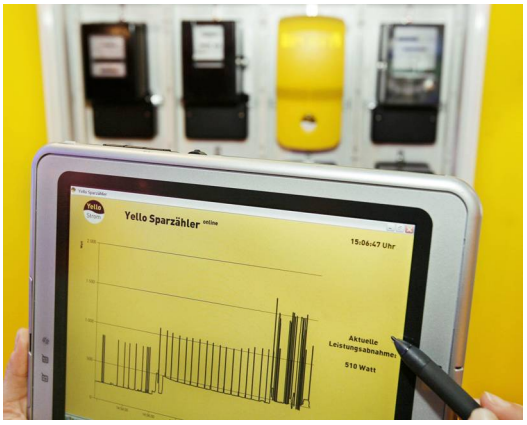

Figura C.5: Desempenho actual surgindo no dispositivo "Contador de poupanças"[7].

Anexo D

Onzo

Onzo é uma empresa de design global e de produtos inovadores que dão poder as pessoas através de conhecimento e compreensão.

O primeiro produto lançado pela *Onzo* é esperado para meados de 2009. A proposta inclui um *display* sobre a energia e um serviço *web* inteligente. Ao oferecer uma gama de informações accionáveis, irá permitir aos consumidores reduzir os seus consumos, baixar as suas facturas e curtar nas emissões de carbono.

O modelo representado na Figura D.1 trata-se de um *display* e sensor. A sua interacção é desenhada para ser simples e útil. As suas inovações incluem:

Figura D.1: Ferramenta de gestão energética da *Onzo* [8].

Anexo E

Landis+Gyr

Com tecnologias de contadores de classe mundial, a *Landis+Gyr* apresenta diversos contadores inteligentes para os mais variados tipos de uso. A próxima secção lista esses modelos residenciais e uma breve descrição de cada um deles [9]:

E.1 Contadores residenciais

- *Landis+Gyr CM100*: Durabilidade, precisão e um elavado racio entre preço/desempenho;
- *Landis+Gyr E120t Integrated Meter*: *SmartMeter* para uso residencial com comunicação LAN;
- *Landis+Gyr E120Gi*: O contador GPRS mais avançado para contagem residencial segmentada;
- *Landis+Gyr E120GiME Integrated AMM meter*: O contador GPRS mais avançado para contagem residencial segmentada;
- *Landis+Gyr E120LiME*: Contagem residencial trifásica para uso em ambientes urbanos;
- *Landis+Gyr E120Lt Integrated Meter*: Contagem residencial trifásica para uso em ambientes urbanos;
- *Landis+Gyr E120M Integrated Meter*: *SmartMeter* para uso residencial em áreas rurais;
- *Landis+Gyr E420i electricity meter*: Contador trifásico de custo-eficiente classe 2 para residencias;
- *Landis+Gyr EPS32*: Interruptor de potência *Landis+Gyr* para controlo simples de fornecimento;
- *Landis+Gyr MM2000*: A alternativa imbatível para mediçao simples de consumo;

- *Landis+Gyr ZCF100 AC/AB*: Contador AMM monofásico com recursos avançados de segurança, comunicaçao modular e funcionalidade optional de desconexão;
- entre outros.

A Figura E.1 apresenta várias soluções desta empresa. Como se pode ver em relação às outras empresas aqui mencionadas, o *design* destes contadores são muito mais tradicionais do que, por exemplo, os da *Yello Strom*.

Figura E.1: Vários modelos de contadores da *Landis+Gyr* [9].

Anexo F

Tendril

F.1 *A Tendril Vantage Utility Portal*

A TVUP[1] fornece utilitários e companhias de energia com um controlo central interativo e modular que permite a interface com a TREE[2] a partir das centrais de operação do utilitário [10].

O TVUP fornece a capacidade de monitorização remota e a gerência de implementações de grandes HANs através da área de serviço do utilitário a partir de uma interface *web* simples, assim como disponibilizar um módulo avançado para aplicação de programas tais como resposta da procura/Controlo directo da carga [10].

A TVUP contem várias interfaces que são licenciadas separadamente. Interfaces adicionais incluem a monitorização e diagnósticos ao vivo, comunicação por mensagens de texto para a *Tendril Vantage* (portal do consumidor) e para a *Tendril Insight*, gestão da informação sobre clientes, update remoto da *Firmware*, dados e ferramentas de análise [10].

TVUP está organizada em módulos lógicos baseados na organização das tarefas operacionais e centrada no utilizador. Os módulos disponíveis incluirão [10]:

- Portal de atendimento ao cliente;
- Portal de suporte avançado;
- Portal de controlo de carga;
- Portal de análise;
- Portal de mercados.

[1] Tendril Vantage Utility Portal.
[2] Tendril Residential Energy Ecosystem.

Figura F.1: Tablier Vantage - Exemplo 1 da *Tendril* [10].

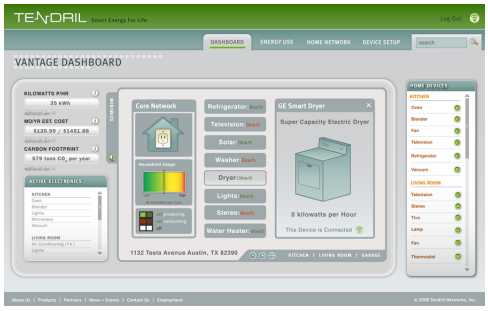

Figura F.2: Tablier Vantage - Exemplo 2 da *Tendril* [10].

Figura F.3: Tablier Vantage - Exemplo 3 da *Tendril* [10].

Anexo G

Plogg

O Plogg é uma combinação de uma tomada de contador inteligente (kWh) e um logger de dados, especialmente adequada para medição, monitorização e controlo no ponto de uso - o nível de aplicação [11].

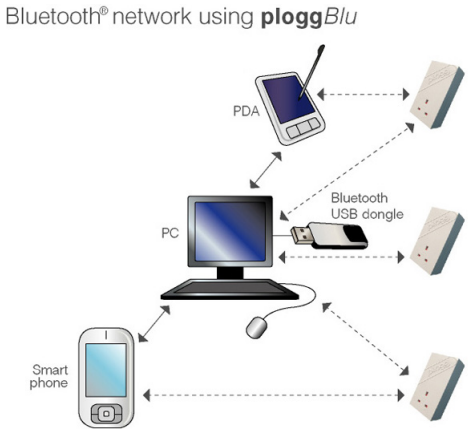

Figura G.1: *PloggBlu* [11].

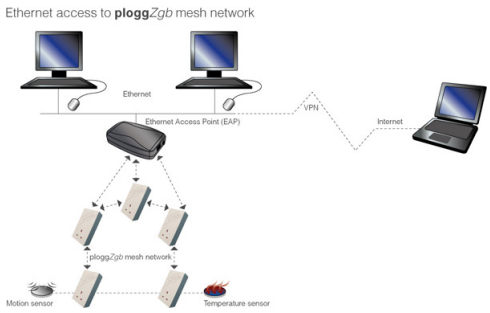

Figura G.2: *PloggZgb* [11].

Anexo H

Outras aplicações

O modelo TED (Figura H.1 é um simples, mas extremamente preciso, monitor de energia que permite ver o consumo de electricidade em tempo real. O modelo avisa sobre quanto será a factura mesmo antes de esta chegar ao consumidor.

Figura H.1: Modelo TED 1001 da empresa *The Energy Detective* [12].

O comando universal Logitech Harmony 1100 (Figura H.2, com que pode controlar todos os dispositivos electrónicos através de um ecrã a cores de 3.5 polegadas sensível ao toque.

Figura H.2: Modelo Harmony 1100 da empresa *Logitech* [13].

A próxima solução consiste num módulo transmissor que se coloca no quadro de entrada e neste bem conseguido módulo receptor, Figura H.3, que pode ser colocado em qualquer ponto da

casa. Para além de mostrar o consumo actual, muda de cor para indicar se está a haver poupança ou a gastar electricidade em demasia.

Figura H.3: Modelo *Wattson* da empresa *DIY KYOTO* [14].

Aliado a este equipamento, surge o software de análise que permite guardar o histórico dos consumos. Este software é conhecido pelo *Holmes* e na Figura H.4 é apresentado um exemplo do serviço web que disponibiliza.

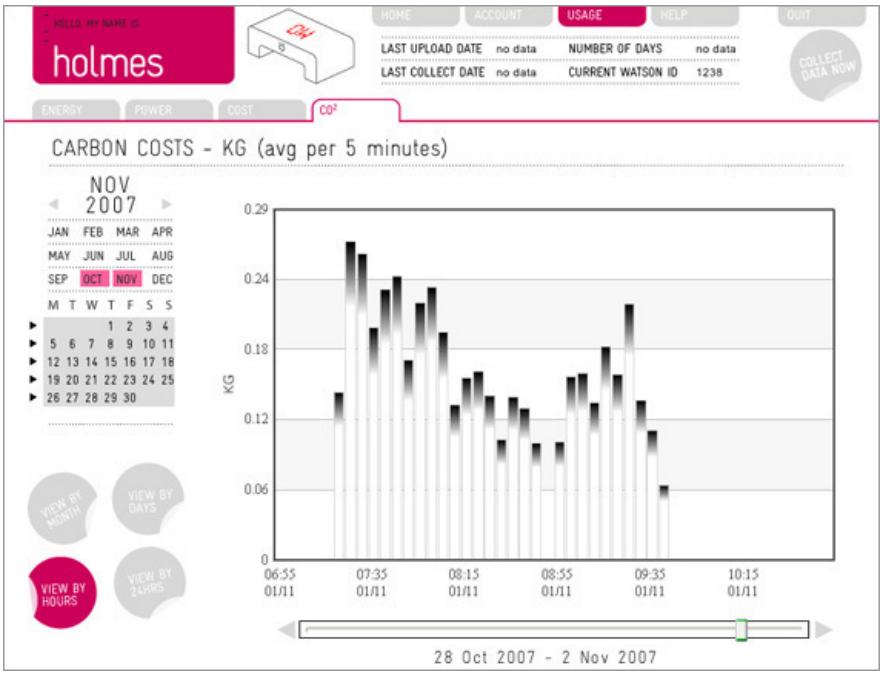

Figura H.4: Software *Holmes* da empresa *LDIY KYOTO* [14].

Como é possível imaginar, as possibilidades são infinitas. Na aplicação que se segue, é enviado para um serviço que está a conquistar muitos adeptos, o *Twitter* [45], a informação sobre o consumo (Figura H.4).

Figura H.5: Dispositivo denominado por "Tweet-a-Watt"*Logitech* [15].

Figura H.6: Aplicação para o *iPhone*.

Muitos destes aparelhos e mecanismos interessantes para controlo do consumo dos equipamentos poderá ser visto na seguinte referência [46].

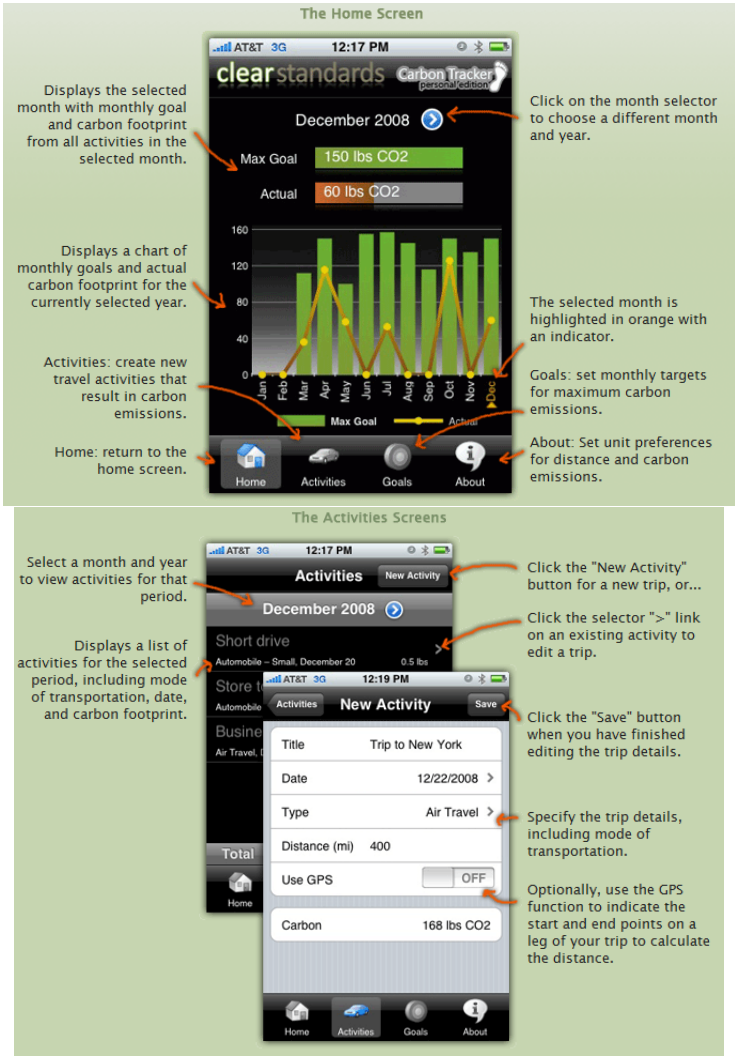

Figura H.7: Aplicação para o *iPhone*.

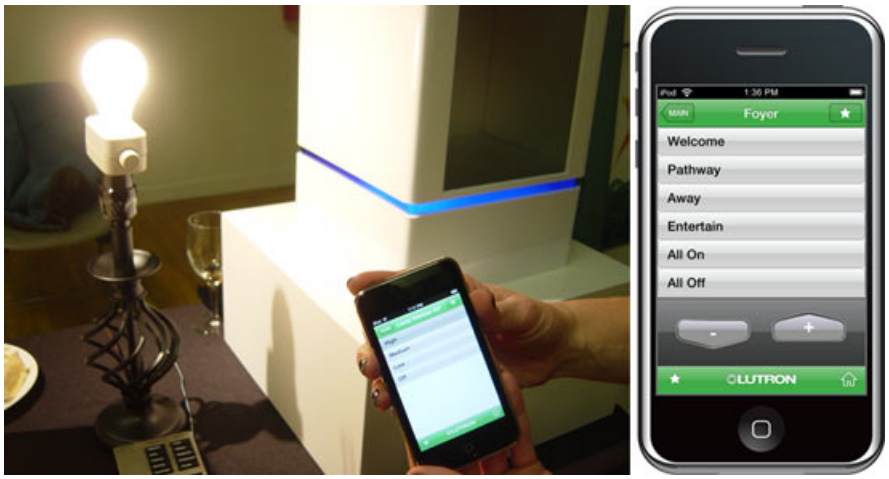

Figura H.8: Aplicação para o *iPhone*.