Mauro Giovany Pedro de Azevedo Galiano

Plataforma para Estimação de Consumos de Energia Elétrica em Edifícios

Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, realizada sob a orientação científica do Doutor José Luís Estrelo Gomes de Sousa e co-orientação científica do Doutor Vítor Manuel Carvalho de Fernão Pires.

Júri

Presidente: Doutor José Henrique Querido Maia – ESTSetúbal/IPS

Orientador: Doutor José Luís Estrelo Gomes de Sousa – ESTSetúbal/IPS

Arguente: Doutor António Manuel Vieira Pombo – ESTSetúbal/IPS

Janeiro - 2018

Dedicatória

Guerreira e lutadora, Beatriz Pedro, mãe, dedico-te os meus sucessos académicos e profissionais. Pelos bons valores passados e pelos inúmeros esforços feitos para garantir a cesta básica e condições viáveis para um estudo de qualidade.

Atenciosa e determinada, Manthima Dinis, irmã, dedico-te também os meus sucessos académicos e profissionais, esperando que os mesmos sejam superados pelos teus. Foste muito importante e respondeste sempre com prontidão às minhas necessidades documentais.

Paciente e carinhosa, Vera Helena Duarte Monteiro Galiano, Mulher, um muito obrigado pelo caráter e apoio prestado durante o período curricular do mestrado, onde foram postos de parte muitos momentos de lazer para investimento na minha formação.

…

Às três, o meu muito obrigado.

Agradecimentos

Presto os meus agradecimentos aos meus orientadores, Doutor Vítor Pires e Doutor José Sousa, pela aceitação de um tema de dissertação enquadrada com a minha experiência e área de interesse, pelo apoio técnico prestado com o recurso a meios não presenciais, e pela compreensão e ajustes feitos derivados da minha carreira internacional.

À minha mulher, Vera Helena Duarte Monteiro, pela ajuda na revisão, pela força e apoio moral que me deu ao longo da elaboração desta dissertação.

Ao administrador delegado da Secil Lobito – Companhia de Cimento do Lobito, Eng.º Augusto Miragaia, pelas inúmeras deslocações pagas pela empresa, sem que tivesse alguma imposição contratual para tal e pelas ausências associadas às mesmas deslocações.

…

Resumo

A eficiência energética dos edifícios é de grande importância para a nossa sociedade, tendo em conta o cenário atual de mudanças climáticas devido ao aquecimento global, sendo que o caminho da eficiência energética é o caminho mais eficaz, rápido e económico para a minimização dos impactos ambientais provenientes da utilização de energia.

Da melhoria desta eficiência, resultam também ganhos a nível da poupança de recursos naturais, como o petróleo e o gás, benefícios como a diminuição de custos de produção e consumos de energia de origem fóssil e não renovável.

Daí a necessidade de criação de métodos analíticos confiáveis e efetivos de avaliação de performance energética de edifícios. Os métodos analíticos destinam-se ao cálculo da estimativa do diagrama de carga e da energia consumida pelo edifício, ambos com os mesmos princípios mas com diferentes propósitos e abordagens. A estimativa do diagrama de carga dá um suporte a decisão da estratégia a ter para melhor aproveitamento da opção tarifária escolhida, sob o ponto de vista da potência a contratar, limitada pela potência de tomada e potência instalada, e sob o ponto de vista do aproveitamento dos períodos horários mais rentáveis. A estimativa da energia consumida pelo edifício dá um suporte a decisão dos aparelhos a utilizar, as opções de *design* dos edifícios, aos modos de operação dos vários sistemas no edifício, baseando-se em condições médias ou típicas numa base temporal anual ou multianual. Esta dissertação teve como propósito a criação de uma plataforma de apoio à análise de informação de caracterização do consumo de energia elétrica em edifícios e consequentes custos. Criada com o suporte da linguagem ASP.NET, este objetivo foi alcançado e todas as considerações afetas ao mesmo podem ser consultadas de seguida.

Palavras-chave: Energia, estimativa, diagrama de carga, tarifa, plataforma, ASP.NET

Abstract

Energy consumption on buildings becomes of great value for our society, taking into account the current climate change due to global warming; therefore, it seems to be the most efficient, fast and economic way to minimize environmental impact coming from its use.

Improvement of this efficiency will also generate savings on natural resources, like oil and gas, plus collateral benefits on production cost reduction and less energy consumption derived from fossil fuel and non-renewable energy sources.

Due to the above it becomes necessary to develop analytical, reliable and effective methods to evaluate energy distribution and consumption on buildings. Those analytical methods will focus attention on estimate calculation of load distribution loops and energy consumption on buildings, both with the same principle; but with different objective and ways to achieve them. An estimate calculation of load distribution serves as a support for the decision to choose the best strategic tariff rate, related to the amount of power to use, limited by the power factor linked to the installed load and taking advantage of the best daily rental period rate. An estimate of energy consumption per building helps to come out with the decision to select the appliances to use, the design of the buildings, and the Operational Mode to apply to the available systems, based on typical temporal annual or multiannual conditions.

This discussion had the purpose to help develop the creation of a support platform to analyze information of typical electrical energy consumption in buildings and the involved costs. It was developed with ASP.NET Language, the objective was fulfilled and all the related considerations may be consulted accordingly.

Keywords: Energetic estimation, load diagram, platform, ASP.NET.

Índice

Dedicatória i
Agradecimentos ii
Resumo iii
Abstract iv
Índice v
Lista de Figuras viii
Lista de Tabelas xii
Lista de Equações xii
Lista de Siglas e Acrónimos xiii
Capítulo 1 1
Introdução 1
Capítulo 2 5
Panorama atual 5
2.1. Método Degree-Day 7
2.2. Método Degree-Day Var 10
2.3. Método Bin 11
2.4. Métodos dinâmicos 12
2.4.1. Energy Plus *15*
2.4.2. Equest *17*
2.4.3. DOE-2 ..... *20*
2.4.4. Simulador da EDP *21*
2.4.5. Simulador da DECO *23*
***Software* desenvolvido** 27
2.5. Método escolhido 27
2.6. Linguagem de programação 29
2.7. Organização do projeto 33
2.7.1. Site Master *34*

2.7.2. Login *34*
2.7.3. Registo *35*
2.7.4. Recuperação de palavra-passe *35*
2.7.5. Base de dados dos utilizadores *36*
2.7.6. Equipamentos *37*
2.7.7. Tarifas *38*
2.7.8. Condensadores *39*
2.7.9. Iniciar *40*
2.7.10. Base de dados das simulações versus utilizadores *41*
2.7.11. Simulação *42*
2.7.12. Base de dados das simulações *45*
2.7.13. Resultados *46*
Capítulo 3 Case Study **49**
3.1. Descrição da simulação **49**
3.2. Registo do utilizador **50**
3.3. Recuperação da palavra-passe do utilizador **52**
3.4. Login do utilizador **53**
3.5. Inserção de equipamentos de uso final **54**
3.6. Inserção de tarifas **54**
3.7. Inserção de condensadores **56**
3.8. Início de simulação **57**
3.9. Caracterização da simulação **58**
3.10. Resultados da simulação **61**
3.11. Equipamentos de uso final em horas de ponta **64**
3.12. Mudança para tarifa mais rentável **66**
3.13. Inserção de equipamentos eficientes **67**
Capítulo 4 Conclusões **69**
4.1. Obtenção de resultados com o *software* desenvolvido **69**
4.2. Considerações finais **71**
Capítulo 5 Bibliografia **72**
Anexos **1**
Anexo 1 - *Software* de simulação energética. **1**

Anexo 2 - Ficheiros auditoria 2

Anexo 3 - Leituras e escritas à base de dados 3

Anexo 4 - Equipamentos de uso final 4

Lista de Figuras

Figura 2-1 - Método de determinação dos Degree-day 7
Figura 2-2 - Método de determinação dos Degree-day, continuação 7
Figura 2-3 – Reta resultante da relação entre HDD's/dia e kWh/dia **[3]** 10
Figura 2-4 – Fluxograma dos *software's* de simulação **[2]** 13
Figura 2-5 - Fluxograma dos *software's* de simulação, continuação **[2]** 13
Figura 2-6 - Fluxograma dos *software's* de simulação, continuação **[2]** 14
Figura 2-7 – Logotipo do *Energy plus* 15
Figura 2-9 – Logotipo do *eQuest* 17
Figura 2-0.8 – *Runtime* do *software Energy plus* 17
Figura 2-10 - *Runtime* do *software eQuest [*www.energydesignresources.com*]* 18
Figura 2-11 - *Runtime* do *software eQuest [*energy-models.com*]* 19
Figura 2-12 - *Runtime* do *software eQuest [*apps1.eere.energy.gov*]* 19
Figura 2-13 - Logotipo do *DOE-2* 20
Figura 2-14 - *Runtime* do *software DOE-2 [*energy.lbl.gov*]* 20
Figura 2-15 - *Runtime* do *software DOE-2 [*http://windows.lbl.gov*]* 21
Figura 2-16 – Simulador EDP, introdução e escolha de divisões para caracterização 22
Figura 2-17 – Inserção de equipamentos de uso final no simulador da EDP 22
Figura 2-18 – Caracterização de equipamento de uso final no simulador da EDP 23
Figura 2-19 – Resultados da simulação efetuada no simulador da EDP 23
Figura 2-20 – Simulador de tarifas da DECO **[10]** 24
Figura 2-21 – Inserção de localização 24
Figura 2-22 – Condições contratuais atuais 24

Figura 2-23 – Estimativa de consumo 25
Figura 2-24 – Consumo detalhado 25
Figura 2-25 - Tarifas e distribuidores aconselhados 26
Figura 2-26 – Diagrama da plataforma desenvolvida 27
Figura 2-27 – Ambiente de trabalho do *software* Visual Studio 13 Express **[9]** 29
Figura 2-28 – Ficheiros Aspx e Aspx.vb 30
Figura 2-29 – Editor de código Visual Studio 13 Express 30
Figura 2-30 - Editor de código 2, Visual Studio 13 Express 31
Figura 2-31 – Ferramentas de debug 31
Figura 2-32 – Organização das classes criadas para a plataforma 33
Figura 2-33 – Barra de menus 34
Figura 2-34 - Rodapé 34
Figura 2-35 – Login de utilizador 34
Figura 2-36 – Registo de utilizadores 35
Figura 2-37 – Recuperação de palavra-passe 35
Figura 2-38 – Tabela SQL PasswordTable 36
Figura 2-0.39 – Função Visual Basic que executa, entre outras acções, leituras a tabelas SQL 36
Figura 2-40 – Visualização e inserção de equipamentos de uso final na base de dados 37
Figura 2-41 – Tabela SQL EquipTable 38
Figura 2-42 – Visualização e inserção de tarifas na base de dados 38
Figura 2-43 – Tabela SQL TarifasTable 39
Figura 2-44 – Visualização e inserção de condensadores de energia reativa 40
Figura 2-45 – Tabela SQL CondensaTable 40
Figura 2-46 – Visualização das simulações de um determinado utilizador 40
Figura 2-47 – Inserção de nova simulação e suas divisões/secções 41
Figura 2-48 – Tabela SQL SimulacoesTable 41
Figura 2-49 – Visualização da base de dados dos equipamentos de uso final 42

Figura 2-50 – Seleção e caracterização de equipamento de uso final 42
Figura 2-51 – Diagrama de carga resultante de equipamento de uso final com consumo variável. 43
Figura 2-52 – Ficheiro auditoria adicionado a simulação decorrente 43
Figura 2-53 – Diagrama de carga de uma divisão/secção em modo simulação 44
Figura 2-54 – Potências e energias por categoria de equipamento de uso final 44
Figura 2-55 – Potências e energias de uma divisão/secção em período de simulação 44
Figura 2-56 – Tabela SQL UsoTable 45
Figura 2-57 – Diagrama de carga inserido na base de dados 46
Figura 2-58 – Diagrama de carga global da simulação. 46
Figura 2-59 – Resultados da simulação após a inserção da data, da tarifa e do condensador de energia reativa. 47
Figura 2-60 – Opção tarifária tri-horária **[Fonte, ERSE] [11]** 48
Figura 2-61 – Fatores multiplicativos para a energia reativa **[Fonte, ERSE][11]** 48
Figura 3-1 – Registo do utilizador “Case Study” 51
Figura 3-2 – Inserção de utilizador e resposta secreta. 52
Figura 3-3 – Janela de mensagem contendo a palavra-passe. 52
Figura 3-4 – Login automático após registo. 53
Figura 3-5 – Login usando a opção “*Login*” do menu. 53
Figura 3-6 – Inserção de equipamentos de uso final. 54
Figura 3-7 – Tarifas para clientes finais em BTN ≤ 2,3 kVA de potência contratada 55
Figura 3-8 – Visualização das Tarifas inseridas na base de dados 55
Figura 3-9 – Lista de condensadores para compensação de energia reativa. 56
Figura 3-10 – Início de simulação, após login to utilizador “Case Study” 57
Figura 3-11 – Diagrama de carga, distribuição da potência e energia na sala. 58

Figura 3-12 – Utilização da televisão, onde se destaca a contribuição do modo *standby*..... 59
Figura 3-13 - Diagrama de carga, distribuição da potência e energia na cozinha..... 60
Figura 3-14 - Diagrama de carga, distribuição da potência e energia em um dos quartos. 61
Figura 3-15 – Equipamentos de uso final presentes na simulação. 61
Figura 3-16 – Diagrama de carga da simulação efetuada. 62
Figura 3-17 - Potências / energias por categoria. 63
Figura 3-18 – Potências e energias por divisão. 63
Figura 3-19 – Resultados energéticos e financeiros da simulação realizada. 64
Figura 3-20 – Inserção de equipamentos de uso final na lavandaria 65
Figura 3-21 – Utilização de equipamento de uso final em períodos de ponta 65
Figura 3-22 – Diagrama de carga após a inserção de equipamentos na lavandaria..... 65
Figura 3-23 – Repartição das potências e energias por categoria 65
Figura 3-24 – Repartição das potências e energias por divisão 66
Figura 3-25 - Elevação do custo inicial de 116.66€ para 153,31€..... 66
Figura 3-26 - Utilização de equipamento de uso final em períodos de vazio 67
Figura 3-27 – Diminuição do custo inicial mensal de 153.31€ para 91.93€ 67
Figura 3-28 – Equipamentos de uso final de classe energética A..... 68
Figura 3-29 - Diminuição do custo inicial mensal de 91.93€ para 87.97€ 68
Figura 4-1 – Diagrama de carga semanal 69
Figura 4-2 – Energia consumida por equipamentos em modo Stand-by. 70
Figura 4-3 – Comparação entre o custo global/mês da simulação e a componente stand-by..... 70

Lista de Tabelas

Tabela 0.1 – Dados estatísticos, para efeitos de cálculo **[3]** 9
Tabela 0.2 – Observações efetuadas pelo método BIN **[2]** 11
Tabela 3 – Estudo comparativo entre soluções apresentadas 28

Lista de Equações

Equação 0.1 – Cálculo dos Heating Degree-Day - HDD 8
Equação 0.2 - Cálculo dos Cooling Degree-Day - HDD 8
Equação 0.3 – Energia requerida.[2] 9

Lista de Siglas e Acrónimos

ASCII	*American Standard Code for Information Interchange.*
ASP.NET	*Plataforma da Microsoft para o desenvolvimento de aplicações Web e é o sucessor da tecnologia ASP. Permite através de uma linguagem de programação integrada na .NET Framework criar páginas dinâmicas.*
ASPX	*Página ativa no lado do servidor, desenhada para a plataforma ASP.NET.*
BIN	*Método de estimativa BIN.*
BREAKPOINT	*Pontos de paragem usados nas situações de debug.*
BTN	*Baixa tensão normal.*
CDD	*Colling Degree-Day.*
DEBUG	*Depuração de erros em software.*
DECO	*Defesa do consumidor.*
DOE-2	*Software de estimativa DOE-2.*
EDP	*Energias de Portugal.*
EMM	*Assistente de medição de eficiência.*
ENERGY PLUS	*Software de estimativa Energy Plus.*
EQUEST	*Software de estimativa Equest.*

ERSE	*Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos.*
HDD	*Heating Degree-Day.*
HTML	*HyperText Markup Language.*
INTELLISENSE	*Capacidade de completar automaticamente códigos, presentes em softwares de programação.*
SQL	*Base de dados, Structured Query Language.*
TAMB –	*Temperatura ambiente.*
TBASE-	*Temperatura base.*
VB –	*Visual basic.*
VBDD-	*Método Degree-day de base variável.*
WEBSITE	*Pagina da internet.*

Lista de Símbolos

C_D	Correção dos valores de aquecimento
°C	Graus celsius
DD	Total de Degree-day's
H_L	Perdas de calor
k	Fator de correção para a instalação (k=1,para Eletricidade)
V	Poder calorífico do combustível
ΔT	Diferença de temperatura entre exterior e interior
ε_r	Erro relativo

Capítulo 1
Introdução

A presente dissertação teve como propósito a criação de uma plataforma informática que possibilitasse simular consumos de eletricidade de um determinado edifício constituído por várias divisões e vários tipos de equipamento de uso final em cada uma delas. Através da seleção dos equipamentos de uso final em cada divisão, da definição de suas características operacionais (potência Ativa, potência Standby, fator de potência e tipo de consumo) e da caracterização das suas utilizações no domínio do tempo, chegarei ao diagrama de carga semanal das várias divisões, sendo que, é possível considerar todas as divisões como um todo, e com isto obterei o diagrama de carga global do edifício.

Com a informação centralizada por divisão e totalizando todas elas, poderei estimar consumos e potência instalada, tanto ativas como reativas, e, mediante a aplicação dos preços relativos as diferentes opções tarifárias, estimar os custos de energia elétrica.

Para criação desta plataforma, optou-se pela linguagem de programação “Visual Basic”, por intermédio do editor da Microsoft “Visual Basic 10”, visto ser uma plataforma de programação já amplamente usada e com alguns mecanismos que permitem uma rápida programação e interação das várias interfaces gráficas anexas ao projeto.

Reforço que a eficiência energética dos edifícios é de grande importância para a sociedade atual, tendo em conta a escalada das necessidades de consumo de energia elétrica a nível mundial e da incapacidade de acompanhamento deste ritmo, com a atenuante dos prejuízos para o meio ambiente de alguns métodos de produção de energia elétrica. Este fenómeno leva-nos a ter uma atitude responsável na fase de projeto de um determinado edifício, dimensionando-o com determinadas características estruturais e de equipamentos e sujeitando-os a métodos analíticos confiáveis e efetivos de avaliação dos seus desempenhos.

Os métodos analíticos destinam-se ao cálculo da estimativa do diagrama de carga e da energia consumida pelo edifício. A estimativa do diagrama de carga dá um suporte a decisão da estratégia a ter para melhor aproveitamento da tarifa escolhida, sob o ponto de vista da potência contratada consequente da máxima carga que se pode atingir anualmente, e sob o ponto de vista do aproveitamento dos períodos horários mais rentáveis. Na figura 1-1 pode-se ver um hipotético diagrama de carga.

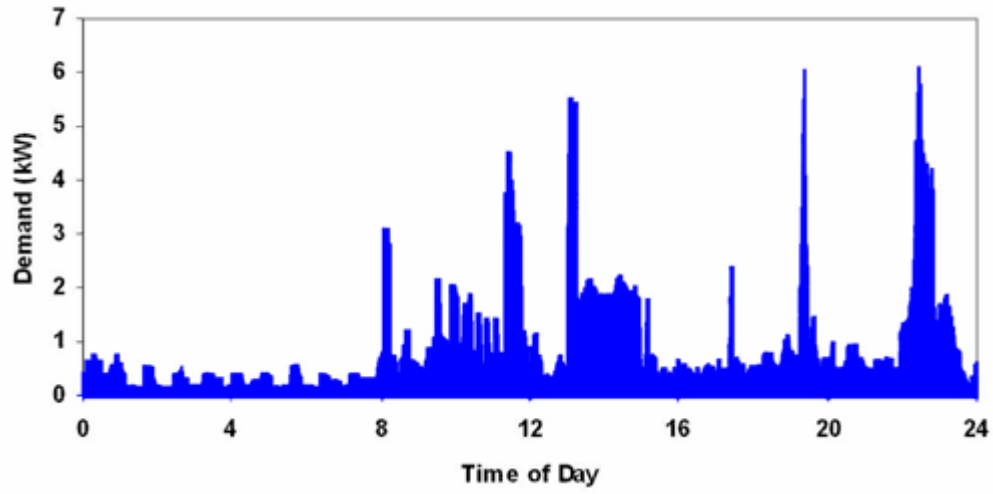


Figura 1-1 – Exemplo de diagrama de carga numa base diária

Esta estimativa tem uma base temporal horária ou sazonal. A estimativa da energia consumida pelo edifício dá um suporte a decisão dos aparelhos a utilizar e em que períodos, referindo-me concretamente aos equipamentos de uso final com a capacidade de acumulação de energia nas horas de menos utilização da potência e com custos reduzidos para funcionarem nas horas críticas, (Ex: Acumuladores de calor e acumuladores de frio). As opções de *design* dos edifícios, tais como a orientação do mesmo, podem ser decididos se, por exemplo, após simulação, resultar um peso relevante na faturação da iluminação artificial e por consequência se justificar uma mudança de orientação para melhor aproveitamento da iluminação natural.

Esta dissertação junta duas áreas diferentes da minha formação, a área de eletrotecnia, área que pretendo obter o diploma de mestre, no que toca a consumos elétricos, potências, diagramas de carga e processos de faturação energética e a área informática, no que concerne ao desenvolvimento de aplicações, programação, resolução de problemas repetidos com o recurso a ferramentas computadorizadas, área esta pela qual sou licenciado.

O tema para esta dissertação foi sugerido pelos professores orientadores, Doutor Vítor Pires e Doutor José Sousa, após receberem por minha parte algumas sugestões de temas que seriam feitos nos mesmos contornos. Este tema foi acatado por várias razões, onde se destaca a possibilidade de elaboração de uma ferramenta facilmente usada pelo público em geral para efeitos de previsão de custos relacionados com a energia elétrica nas suas próprias instalações. A flexibilidade garantida pelos métodos de elaboração da mesma, foi também uma mais-valia considerada na escolha do tema para esta dissertação, tendo em conta a minha experiência no desenvolvimento de aplicações simples, no contexto laboral e no contexto académico.

Esta flexibilidade permitiu-me a independência da instituição, factor de grande importância por trabalhar fora de Portugal, tendo sido dispensado por 1 ano e meio para que cumprisse a parte curricular do mestrado.

Segue a descrição dos capítulos constituintes da presente dissertação:

- Capítulo 1 – “Introdução”, fez-se uma introdução à dissertação, onde se justificaram os motivos que levaram à escolha da mesma.

- Capítulo 2 – “Panorama Atual”, realizou-se uma pesquisa sobre os atuais conhecimentos em metodologias de estimativa de consumos elétricos. Este capítulo contem também uma apresentação e descrição completa ao *software* desenvolvido, onde se focaram as interfaces gráficas criadas, as opções disponibilizadas pelo software e métodos que formam as classes. Capítulo dividido em subcapítulos que focam as várias interfaces gráficas.

- Capítulo 3 – "*Case Study",* foi exposto um exemplo, de um determinado edifício, com algumas divisões, sendo consideradas vários tipos de cargas e suas correspondentes utilizações para efeitos de teste do *software*. Capítulo dividido em 5 subcapítulos, onde são mostrados os passos para a representação do *case study* no *software*.

- Capítulo 4 – "Conclusões", após a inserção do *case study*, foram expostos neste capítulo as conclusões obtidas. Capítulo dividido em 3 subcapítulos, onde são evidenciados os *outputs* relevantes, onde é também aferida a plataforma, tendo como base informação disponibilizada pelos orientadores. Considerações finais", neste capítulo foram focados pormenores importantes, foram explicados os caminhos possíveis de crescimento desta aplicação, algumas falhas e opções menos conseguidas nesta plataforma.

- Capítulo 5 – "Bibliografia", capítulo que descreve as referências utilizadas para a pesquisa e desenvolvimento da corrente dissertação.

Capítulo 2

Panorama atual

Tal como já foi dito nesta dissertação, a estimação da energia consumida pelo edifício dá um suporte a decisão dos aparelhos a utilizar, as opções de *design* dos edifícios onde se poderá optar por uma construção que privilegie a entrada de luz natural caso possa haver ganhos económicos com o desuso de luz artificial, aos modos de operação dos vários sistemas no edifício, baseando-se em condições médias ou típicas numa base temporal anual ou multianual.

Estes métodos destinam-se a previsão do consumo de energia, ao estudo da rentabilidade económica, com o intuito de se definir uma estratégia e verificar poupanças energéticas significativas após a aplicação das mesmas.

Os métodos de cálculo da energia podem ser divididos em duas categorias: os métodos de estado estático (*Steady States*) e os métodos de estado dinâmico (*Dynamic States*)

Os métodos de estado estático são caracterizados pelo seguinte **[2]**:

- Assumem pequenas ou nenhumas mudanças;
- Podem ser realizados rapidamente;
- São relativamente simples;
- Menos suscetíveis a erros quando se lida com variáveis com ordens de grandeza irregulares e de variação rápida, tais como (Ex: pressão atmosférica, direção do vento);
- Erro de 10 a 40%.

Os métodos de estado dinâmico são caracterizados pelo seguinte **[2]**:

- Usados quando os fatores internos e externos a serem contabilizados nos cálculos são vários e em constante mudança, dando como exemplo fenómenos como a direção do vento;
- Feitos usualmente com o auxílio de um computador;
- Usa a informação horária das condições meteorológicas;
- Usados para análises detalhadas;
- Bastante precisos.

Como critério de escolha entre as duas categorias de métodos analíticos temos:

- O nível de precisão necessária;
- A precisão das estimativas face aos resultados reais;
- A complexidade dos cálculos realizados;
- O número de dados de entrada, necessários ou disponíveis;
- Os custos, a nível de tempo e esforço;
- A disponibilidade da informação.

Os métodos de estado estático tipicamente utilizados são os seguintes:

- Método Degree-Day;
- Método Degree-Day de base variável;
- Os métodos BIN.

Os métodos de estado dinâmico recorrem:

- A simuladores de energia computadorizados;
- A captura da resposta dinâmica do edifício;
- Ao desenvolvimento baseado em funções de transferência, balanço de calor ou outros métodos.

2.1. Método Degree-Day

O método Degree-day compara a variação diária da temperatura ambiente com uma temperatura base, tipicamente a temperatura de conforto (Figura 2-1 e 2-2).

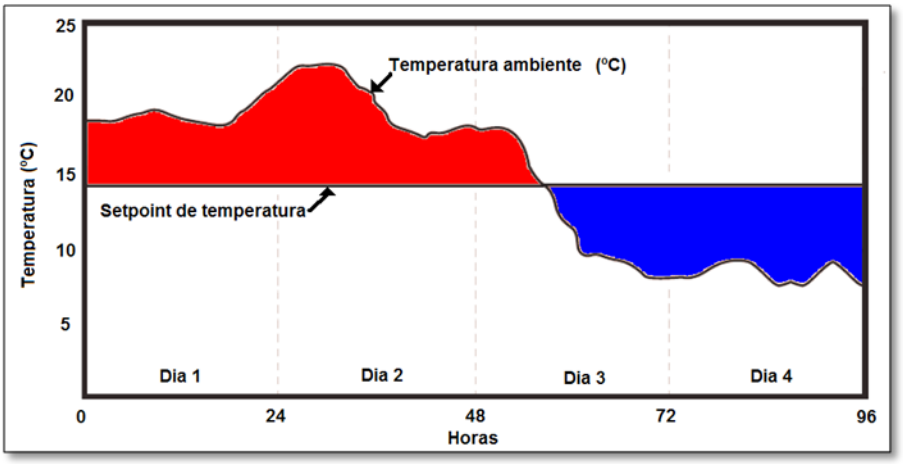


Figura 2-1 - Método de determinação dos Degree-day

A diferença da média diária da temperatura ambiente e a temperatura base expressa a necessidade de compensação de temperatura, ou seja, caso a média da temperatura ambiente esteja abaixo da temperatura de referência terá de haver aquecimento, caso a temperatura ambiente esteja acima da temperatura de referência terá de haver arrefecimento.

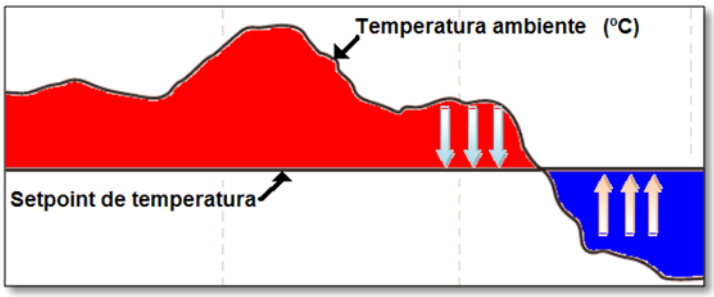


Figura 2-2 - Método de determinação dos Degree-day, continuação

O cálculo para o método Degree-day é feito através do somatório das diferenças diárias da temperatura ambiente (Tamb) e o *set-point* de temperatura (temperatura base - Tbase), onde se terá de fazer uma diferenciação dos dias de arrefecimento (Cooling Degree-Day - CDD) e os dias de aquecimento (Heating Degree-Day - HDD),como expressam as seguintes fórmulas (Equação 0.1 e 0.2).

Equação 0.1 – Cálculo dos Heating Degree-Day - HDD

$$DD_h(Tbase) = \sum (Tbase - Tamb)^+$$

Equação 0.2 - Cálculo dos Cooling Degree-Day - HDD

$$DD_c(Tbase) = \sum (Tamb - Tbase)^+$$

Ao dizermos que temos 1 Heating Degree-Day, significa que num dado dia obtivemos uma diferença de 1 grau positivo entre a temperatura ambiente e o *set-point* pretendido de temperatura. Estes valores são somados numa base anual, ou por um outro período para obtermos a relação entre a variação da temperatura exterior e o efeito no edifício.

Este método de estimativa de consumos energéticos baseia o seu cálculo na premissa de que a principal fonte de variação do consumo de energia elétrica deve-se ao condicionamento ambiental e não propriamente aos aparelhos mais comuns em edifícios, tais como televisões, computadores e eletrodomésticos de cozinha, como mostra a citação seguinte.

"The energy consumption of building heating systems is more complicated than the energy consumption of TVs, kettles, or computers. You can't just plug a heating system into a Kill-A-Watt meter to find out how much energy it uses each hour, because the energy usage of a heating system varies with the weather...

Essentially, the colder the outside air temperature, the more energy it takes to heat a building." **[1]**

O cálculo da energia requerida pelo edifício é feito através da correlação entre o consumo de energia e os Degree-day's. Para esta correlação, são considerados alguns fatores de ajuste (Equação 0.3).

Equação 0.3 – Energia requerida.[2]

$$E = \frac{(H_L)(DD)(24)(C_D)}{(\Delta T)(k)(V)}$$

E -Energia consumida

H_L- Perdas de calor

DD-Total de Degree-day's

ΔT - Diferença de temperatura entre exterior e interior

k - Fator de correção para a instalação(k=1,para Eletricidade)

V – Poder calorífico do combustível

C_D - Correção dos valores de aquecimento

Para acerto desta mesma fórmula, recorre-se a anos anteriores e relacionam-se os consumos com os *degree-days*.

Para que se consiga esta correlação, são necessários dados estatísticos de meses anteriores. Com estes dados podemos calcular a reta expressa pela fórmula (Equação 0.3). Apresento de seguida um exemplo deste cálculo.

Tabela 0.1 – Dados estatísticos, para efeitos de cálculo **[3]**

D2 =A3-A2

	A	B	C	D	E	F
1	Month starting	HDD	kWh	Days	HHD/day	kWh/day
2	1 Oct 2009	163	593	31	5.26	19.13
3	1 Nov 2009	228	676	30	7.60	22.53
4	1 Dec 2009	343	1335	31	11.06	43.06
5	1 Jan 2010	373	1149	31	12.03	37.06
6	1 Feb 2010	301	1127	28	10.75	40.25
7	1 Mar 2010	238	892	31	7.68	28.77
8	1 Apr 2010	137	538	30	4.57	17.93
9	1 May 2010	84	289	31	2.71	9.32
10	1 Jun 2010	38	172	30	1.27	5.73
11	1 Jul 2010	15	131	31	0.48	4.23
12	1 Aug 2010	14	134	31	0.45	4.32
13	1 Sep 2010	34	134	30	1.13	4.47
14	1 Oct 2010					

A tabela 0.1 contém dados de um apanhado feito no dia 1 de cada mês, sendo eles, os HDD's correspondentes, o número de dias, os HDD's/dia e os kWh/dia. Com estes dados, podemos traçar uma reta para posterior estimativa do consumo em função de HDD (Figura 2-3).

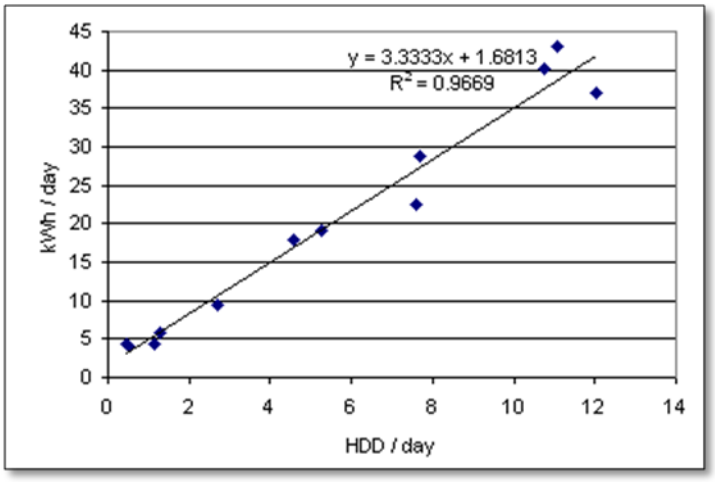


Figura 2-3 – Reta resultante da relação entre HDD's/dia e kWh/dia **[3]**

2.2. Método Degree-Day Var

O método *Degree-day* de base variável (VBDD) é similar ao método *Degree-day*, diferindo apenas na temperatura de base variável. Esta variação permite ter em conta a variação das condições do edifício do dia para a noite.

Este método tem como principio o cálculo da temperatura de equilíbrio do edifício por hora, com posterior cálculo dos *Degree-hour*, para a situação de aquecimento e para a situação de arrefecimento. Este último cálculo é semelhante ao método anteriormente apresentado (*Degree-Day*), diferindo apenas na escala temporal, que passa a ser horária ao invés de diária.

Visto que o cálculo *Degree-hour* implica o cálculo da temperatura de base e as várias temperaturas ambiente numa base horária, o volume de cálculo é maior. Esta particularidade torna este método mais complexo.

A título de resumo, estes dois métodos apresentados, o *degree-day* e o *Degree-day* de base variável, são métodos rápidos e simples, ideais para estimativas aproximadas. Estes métodos têm como grande desvantagem o erro associado e a não consideração de outras variáveis que também afetam o consumo energético.

2.3. Método Bin

Os métodos BIN e seus derivados são métodos que derivam do método *Degree-Day* de base variável, e como estes, baseiam o seu cálculo nas informações de variação temporal da temperatura **[4]**. Pode-se considerar um método mais preciso que o *Degree-day*, visto que o clima é descrito de uma forma detalhada. Este método determina também a quantidade de energia que um edifício irá precisar considerando uma dada temperatura exterior, assumindo como o método anterior um maior peso da variação de temperatura em relação aos restantes eletrodomésticos.

A maior precisão deste método face ao método *Degree-day* deve-se a contribuição de variáveis ignoradas pelo mesmo, tais como, os ganhos internos e as trocas de calor por condução.

Para elaboração deste método, definimos os limites de temperatura e a sua precisão (Ex: dos 0 °C aos 50°C, com intervalos de 1 °C), os seja, os vários BIN's. Após esta definição, podemos definir subgrupos horários, que podem representar determinadas variáveis, como ocupação ou perfis de utilização do edifício diferente (Tabela 0.2).

Tabela 0.2 – Observações efetuadas pelo método BIN **[2]**

Temperature BIN	Average BIN Temperature	Observation Hour Group			Total Observation
		01 to 08	09 to 16	17 to 24	
100/104	102	0	0	0	0
95/99	97	0	3	0	3
85/89	92	0	41	11	52
80/84	87	0	156	65	221
75/79	82	4	264	147	415
70/74	77	58	293	249	600
65/69	72	224	260	308	792
60/64	67	318	225	268	811
55/59	62	295	208	242	745
50/54	57	265	173	204	642
45/49	52	240	174	192	606
40/44	47	219	186	193	598
35/39	42	229	189	205	623
30/34	37	242	207	220	669
25/29	32	262	199	221	682
20/24	27	207	138	155	500
15/19	22	134	84	96	314
10/14	17	89	54	66	209
5/9	12	60	31	36	127
0/4	7	33	19	18	70

Após determinação das ocorrências dos vários BIN's, e enquadrando as mesmas no seu grupo horário, são feitos cálculos que fazem, à semelhança do método Degree-day; a correlação entre as várias temperaturas e os consumos energéticos dos edifícios em análise, tendo em conta um historial de consumos do mesmo.

No método BIN:

- Os ganhos internos, variáveis ao longo do dia, importantes para a exatidão da estimativa, são considerados uniformemente distribuídos durante o período em que há aquecimento ambiente para o método *Degree-day*;

- Visto que o método *Degree-Day* considera uma temperatura média para o dia, as trocas de calor por condução são calculadas supondo um regime permanente. Tal efeito é tratado de forma dinâmica no método BIN, pois já tem em conta a variação diária da temperatura;

- Como inconveniente, este método, por detalhar melhor o clima, apresenta um grau de complexidade de cálculo mais elevado comparativamente ao método *Degree-day.*

2.4. Métodos dinâmicos

Os métodos dinâmicos, tal como já foram acima introduzidos, são a alternativa aos métodos estáticos. Estes métodos recorrem a meios informáticos para auxílio nos cálculos avançados realizados, com várias variáveis de saída possibilitando uma análise mais precisa e detalhada.

Para realização dos cálculos de estimativa de consumo de energia elétrica, estes métodos têm de ter como *input* informações constantes, normalmente horárias das condições meteorológicas e informações sobre os edifícios aonde se incidirá a simulação (Figura 2-4).

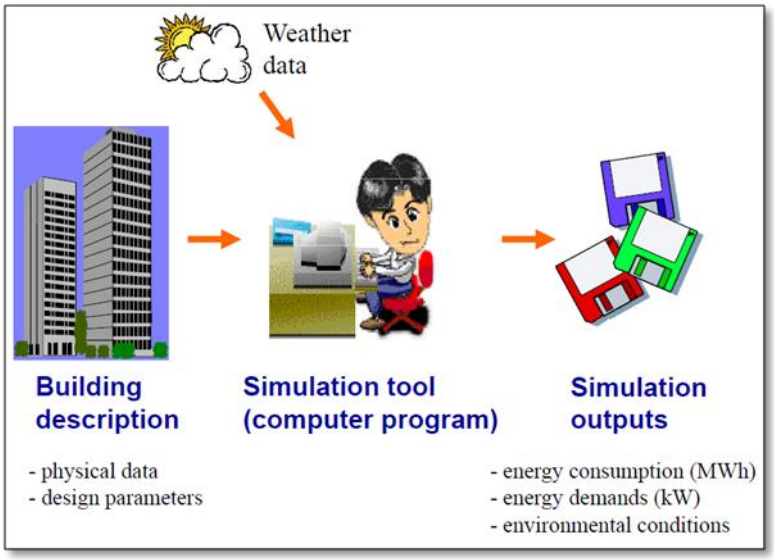


Figura 2-4 – Fluxograma dos *software's* de simulação **[2]**

Os meios informáticos, devido ao seu maior poder de processamento, recorrem a algoritmos baseados em funções de transferência, balanços de calor, a capturas da resposta dinâmica do edifício, entre outros.

Pelo facto destes métodos processarem mais variáveis a sua precisão é superior aos métodos estáticos, mas em contrapartida são mais suscetíveis a variações bruscas das mesmas.

Apresento de seguida uma estrutura típica de *softwares* de simulação (Anexo 1)

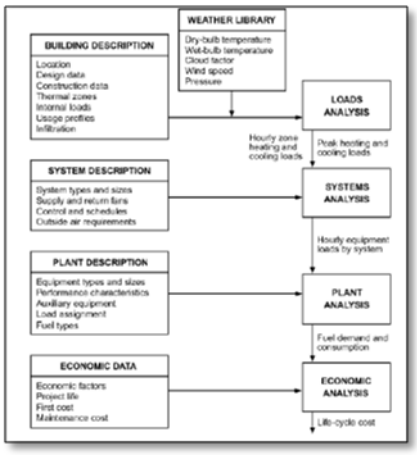


Figura 2-5 - Fluxograma dos *software's* de simulação, continuação **[2]**

Pelo fluxograma da figura 2-5, que expressa a estrutura dos *softwares* de simulação energética, podemos reforçar a ideia anteriormente dita de que o software desenvolvido assume como entrada as cargas horárias dos equipamentos.

Este *input* pode ser conseguido através da análise de cargas térmicas calculadas por intermédio dos vários *inputs* dos edifícios e das condições meteorológicas em conjunto com a descrição dos sistemas de climatização do edifício (Figura 2-5 **[2]**).

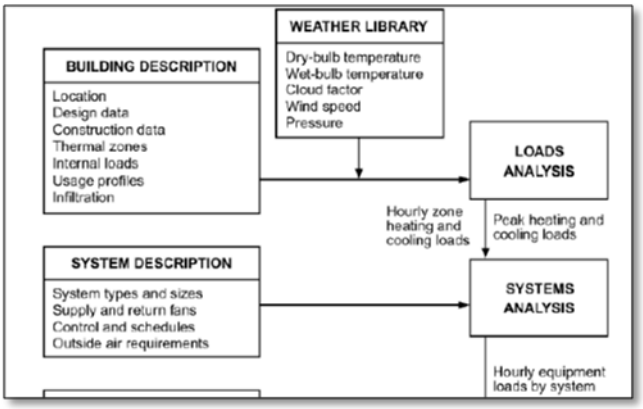


Figura 2-6 - Fluxograma dos *software's* de simulação, continuação **[2]**

Como descrição do edifício temos os seguintes fatores (Figura2-6):

- Localização;
- Dados de *design;*
- Dados de construção;
- Cargas internas;
- Perfis de utilização;
- Infiltrações.

Como descrição das condições meteorológicas podemos considerar os seguintes fatores (Figura 2-6):

- Velocidade do vento;
- Pressão;
- Presença de nuvens;
- Pontos de orvalho;
- Humidade do ar.

Como descrição dos sistemas de climatização (Figura 2-6):

- Tipos de sistemas e tamanhos;
- Controlos e agendamentos;
- Necessidades de ar exterior;
- Sistemas de ventilação.

Vejamos em detalhe alguns dos *softwares* para cálculo dinâmico presentes no mercado:

- Energy Plus;
- E-quest;
- Doe 2.1;
- Energy-10.

2.4.1. Energy Plus

O *"Energy Plus" (Figura 2-7),* é um programa de simulação de análises energéticas e cargas térmicas. Baseado na descrição por parte do utilizador do edifício, na perspetiva de conceção do edifício e sistemas mecânicos associados. O *Energy Plus* calcula o aquecimento e arrefecimento necessário para manter um determinado *set-point* de temperatura e o seu correspondente consumo elétrico. Outros sistemas são também alvo de simulação, contribuído para uma simulação muito realista do edifício a ser simulado.

Figura 2-7 – Logotipo do *Energy plus*

Apresento de seguida uma listagem com algumas das capacidades do *Energy Plus:*

- Capacidade de ajuste individual e coletivo de tempo de amostragem e de atuação;
- Capacidade de receção de ficheiros ASCII com informações horárias ou sub-horárias das condições ambientais, com possibilidade de reportar também por intermédio de ficheiros ASCII outras informações acerca da simulação;
- Soluções baseadas em balanços de calor, para construção de cargas térmicas que permitem o cálculo dos efeitos da radiação de calor, tanto nas superfícies interiores como nas superfícies exteriores, durante cada tempo de amostragem;
- Condução de calor transiente através dos elementos do edifício, tais como paredes, telhados, chãos, etc. Usando funções de transferência de condução;
- Modelagem da transferência de calor proveniente do solo;
- Modelos de confortos térmicos baseados na atividade, humidade etc;
- Modelagem anisotrópica do Céu para um melhor cálculo da radiação solar difusa nas superfícies;
- Controlo da iluminação, incluindo cálculos de luminosidade interior e cálculos do impacto da redução a iluminação artificial no arrefecimento e aquecimento;
- Cálculo da poluição atmosférica, nomeadamente na predição das quantidades de CO2, SOx, NOx, CO produzido no local ou em conversões de energia remota.

O *Energy Plus* é um programa de simulação *stand-alone* sem uma interface gráfica ***user friendly*.** Este *software* lé e escreve informações por intermédio de ficheiros.

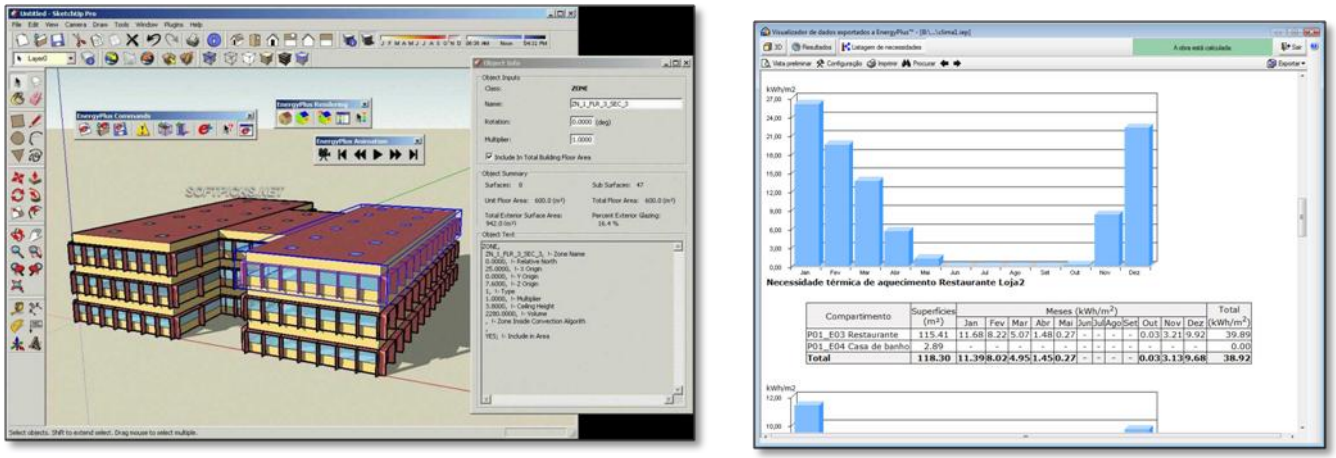


Figura 2-0.8 – *Runtime* do *software Energy plus*

2.4.2. Equest

O simulador *Equest (Figura 2-9),* é uma ferramenta de análise de energia sofisticada, fácil de usar, que fornece resultados a nível profissional com um nível de esforço aceitável. Aliás, o próprio nome, segundo o fabricante, prende-se com o facto de ser um *software* que fornece algo que o utilizador estaria à procura mas não encontrava.

Figura 2-9 – Logotipo do *eQuest*

Esta facilidade deve-se à sua natureza intuitiva nas várias fases de *design*, incluindo no desenho esquemático. Foi desenhado para permitir a realização de análises detalhadas utilizando a mais avançadas técnicas de simulação de energia em edifícios, tecnologias de *design* pertencentes ao estado da arte atual, sem requerer uma experiência extensiva na arte de modelagem de desempenho de edifícios.

eQUEST = enhanced DOE-2 + Wizards + Graphics

Este *software* (Figura 2-10, 2-11 e 2-12) foi realizado através da combinação de um assistente de criação de edifícios, um assistente de medição de eficiência (EMM), e uma ferramenta gráfica de relatório com um motor de simulação, derivado da última versão do DOE-2 (introduzido de seguida).

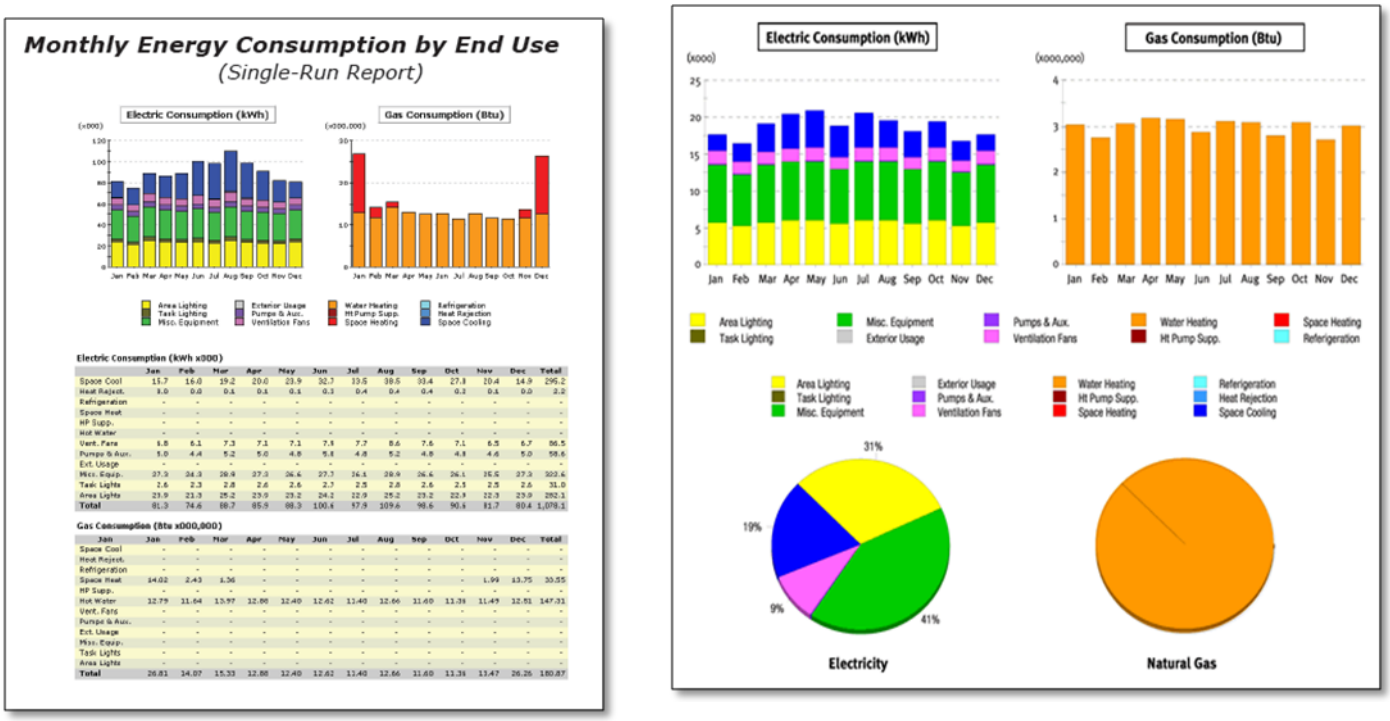


Figura 2-10 - *Runtime* do *software eQuest [*www.energydesignresources.com*]*

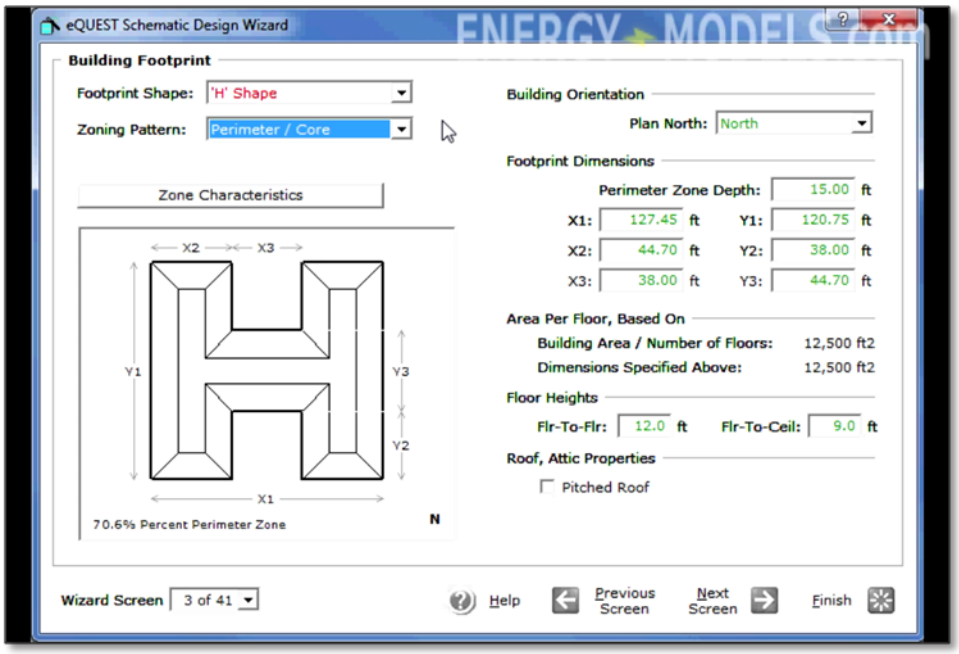


Figura 2-11 - *Runtime* do *software eQuest [*energy-models.com*]*

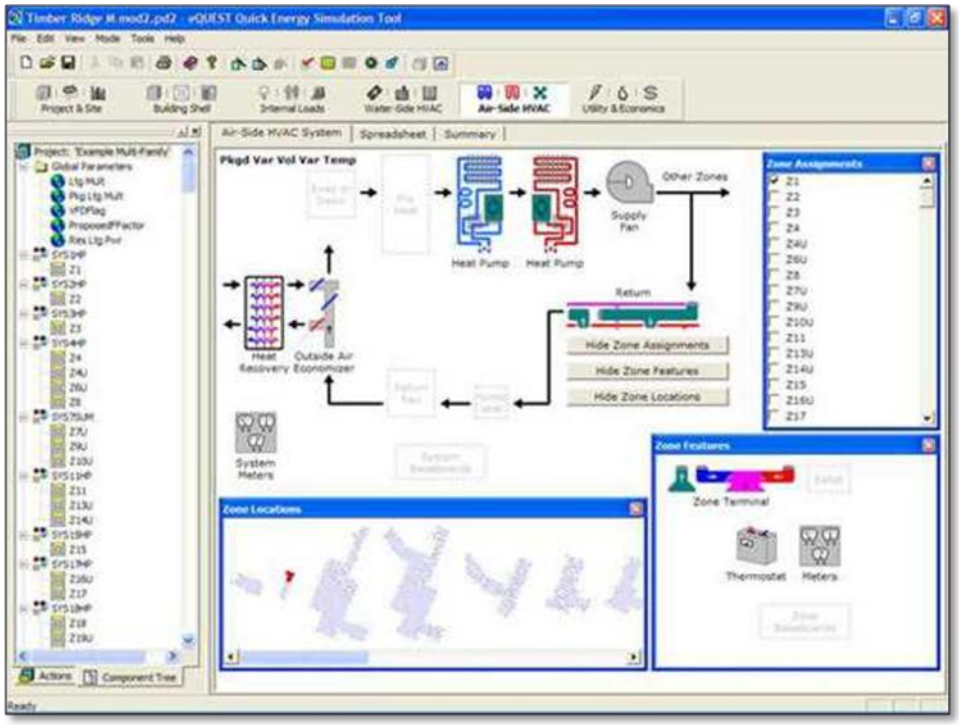


Figura 2-12 - *Runtime* do *software eQuest [*apps1.eere.energy.gov*]*

2.4.3. DOE-2

O *DOE-2*, Figura 2-13,é um *software* de análise energética em edifícios amplamente usado e gratuito, que pode prever o consumo de energia e custo para todos os tipos de edifícios.

Figura 2-13 - Logotipo do *DOE-2*

Este *software* usa uma descrição do *layout* do edifício (Figura 2-14), construções, uso do mesmo, sistemas de iluminação, de condicionamento e ambiente e taxas de utilização fornecidas pelo utilizador, juntamente com informações meteorológicas, para realizar uma simulação horária do consumo do edifício e estimar custos de utilização (Figura 2-15).

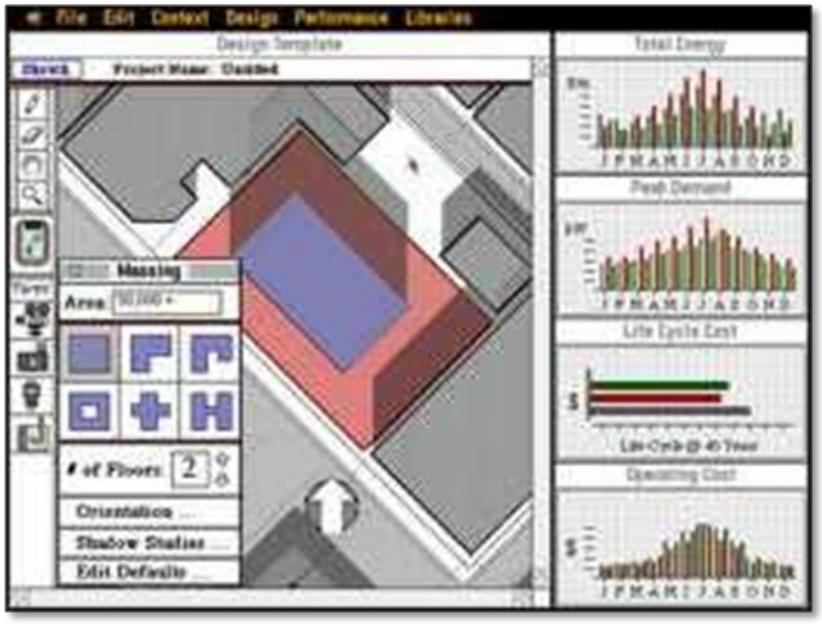


Figura 2-14 - *Runtime* do *software DOE-2 [*energy.lbl.gov*]*

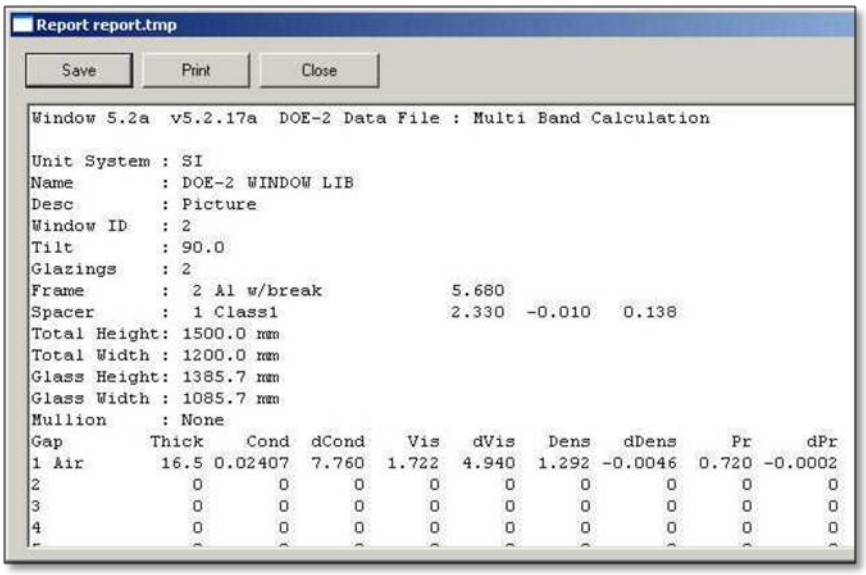


Figura 2-15 - *Runtime* do *software DOE-2 [*http://windows.lbl.gov*]*

2.4.4. Simulador da EDP

A nível nacional a EDP em seu *website* apresenta várias ferramentas para estimativa de consumos, de potências a contratar e recomendações a nível de escolha de equipamentos e perfis de utilização para os clientes que pretendam ver as suas faturas mais reduzidas. **[9]**

Um dos seus simuladores (Figura 2-16) consiste em divisões pré definidas que por intermédio de arrastos de equipamentos de uso finais típicos e sua caracterização em termos de horas usadas conclui-se a tarifa EDP aconselhada.

Figura 2-16 – Simulador EDP, introdução e escolha de divisões para caracterização

Como se pode ver pela figura 2-17, a divisão selecionada será disponibilizada vazia e os equipamentos de uso final passíveis de ser selecionados estarão reunidos e prontos para colocação onde para tal basta arrasta-los.

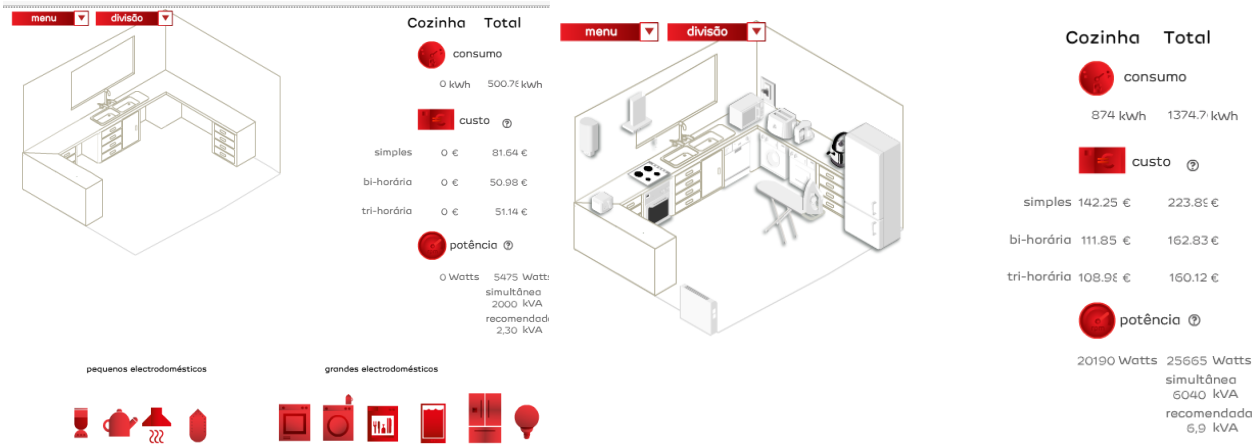


Figura 2-17 – Inserção de equipamentos de uso final no simulador da EDP

No final do arrasto do equipamento de uso final para a divisão, é exibida uma janela *pup-up, ,* onde o utilizador da plataforma terá de descrever aproximadamente o uso que se dá ao mesmo (Figura 2-18).

Figura 2-18 – Caracterização de equipamento de uso final no simulador da EDP

Após o preenchimento de todas as divisões da hipotética habitação, a visualização dos resultados é possível. Para tal terá de ser selecionada a opção "resultados" no menu principal. As informações de todas as divisões são sumarizadas e as análises de custo e distribuição do consumo são disponibilizadas (Figura 2-19).

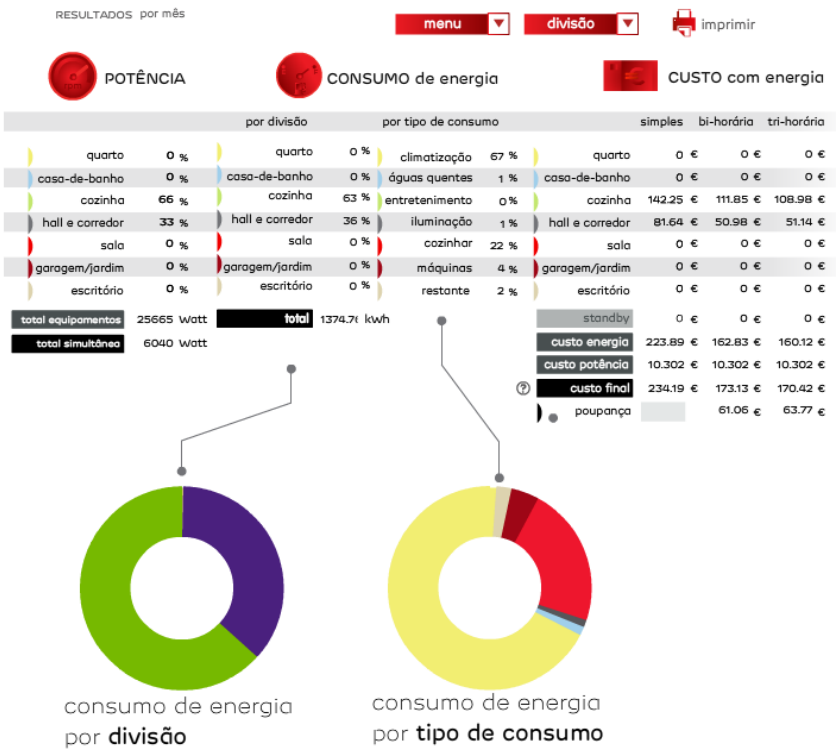


Figura 2-19 – Resultados da simulação efetuada no simulador da EDP

2.4.5. Simulador da DECO

O *website* da DECO disponibilizou também aos interessados um simulador de consumos elétricos e gás natural, com o intuito de ajudar os consumidores na escolha da tarifa que melhor se

adequa aos hábitos de consumo (Figura 2-20) **[10]**.

Figura 2-20 – Simulador de tarifas da DECO **[10]**

Para que se possa obter as informações comparativas, as opções de entrada que expressam o seu consumo aproximado terão de ser inseridos, figuras abaixo. A localização terá de ser definida para que se possa filtrar as tarifas e distribuidores presentes no distrito do utilizador (Figura 2-21).

Figura 2-21 – Inserção de localização

O tipo de serviço que o utilizador tem atualmente terá de ser detalhado através da escolha das opções de eletricidade e/ou gás natural, sendo também importante especificar a periodicidade deste serviço e sua despesa (Figura 2-22).

Figura 2-22 – Condições contratuais atuais

Uma estimativa é realizada tendo em conta a natureza intensiva ou moderada da energia elétrica e/ou gás. Este parâmetro é também visto sob o ponto de vista do número de pessoas presentes na habitação (Figura 2-23).

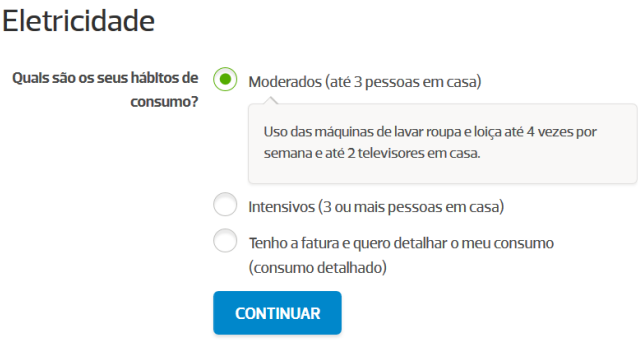


Figura 2-23 – Estimativa de consumo

Caso queiramos detalhar o nosso uso energético podemos fornecer a plataforma da DECO os valores de potência contratada, tipo de tarifa e seus consumos por casa período (horas de vazio, horas de ponta, horas fora do vazio), Figura 2-24.

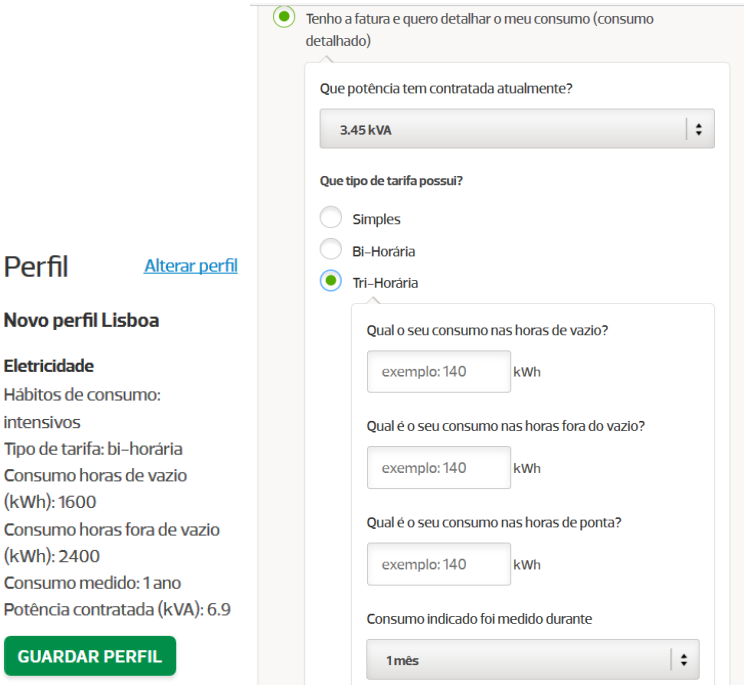


Figura 2-24 – Consumo detalhado

Com todas informações inseridas, por intermédio da aplicação das características de consumo a todas as tarifas e referentes distribuidores passíveis de serem contratados na sua localização, as várias tarifas disponíveis são disponibilizadas por ordem da mais competitiva para a menos competitiva, (Figura 2-25).

Figura 2-25 - Tarifas e distribuidores aconselhados

Software desenvolvido

Neste capítulo apresenta-se uma descrição pormenorizada dos vários constituintes do *software* desenvolvido, sendo o *software* criado com uma filosofia similar aos métodos de simulação dinâmicos. Após esta descrição, darei ênfase às várias classes criadas e evidenciarei os métodos mais relevantes, sendo que os restantes métodos estarão nos anexos.

2.5. Método escolhido

Para esta dissertação, optou-se pelo método de estimativa dinâmica, recebendo como principal *input* a descrição pormenorizada dos equipamentos instalados no edifício simulado. Os diagramas de carga, e/ou os diagramas de utilização (*On/Off*) são introduzidos pelo utilizador ou podem ser lidos de ficheiros, ficando implícitas as condições meteorológicas, as opções de construção do edifício, entre outros, que levaram as determinadas utilizações.

No *software* desenvolvido, tendo a informação da utilização horária das cargas do sistema e também a descrição da planta, procedemos à análise da planta onde de espera como *output* os consumos elétricos totais e seus respetivos diagramas de carga, gerais e por divisões. Cruzando com os dados económicos, nomeadamente imposições do tarifário aplicado, teremos o custo global do consumo energético do edifício. A estratégia definida para o *software* de simulação que se implementou é expresso na figura 2-26.

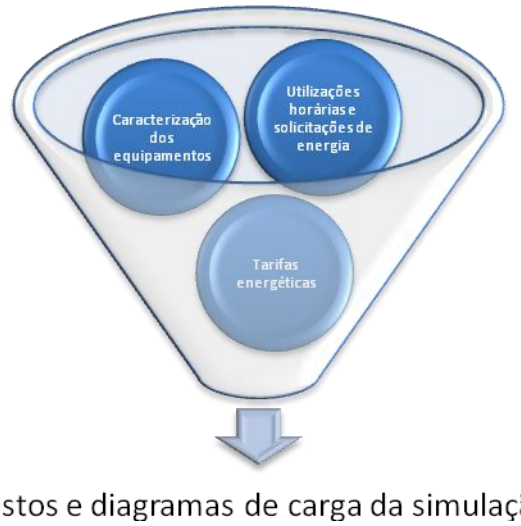


Figura 2-26 – Diagrama da plataforma desenvolvida

Comparativamente a outras soluções, tanto estáticas como dinâmicas, esta plataforma visa retirar as suas principais vantagens e acrescentar mais algumas, sendo elas:

- Solução gratuita;
- Simples uso e entendimento;
- Flexibilidade na inserção de diferentes tipologias habitacionais;
- Possibilidade de inserção de novos equipamentos;
- Possibilidade de inserção e simulação de diferentes tarifas;
- Disponibilização de relatórios económicos sobre o consumo.

A comparação de todas as soluções estudadas pode ser analisada na seguinte tabela 3.

Tabela 3 – Estudo comparativo entre soluções apresentadas

Soluções \ opções	Grátis	Simplicidade	Novas Tipologias	Novos equipamentos	Diferentes tarifas	Relatório
Degree-day	X					
Degree-day Var	X					
BIN	X					
Energy Plus			X			X
Equest			X			X
DOE-2	X		X			X
Simulador EDP	X	X				X
Simulador DECO	X	X			X	
Plataforma	X	X	X	X	X	X

2.6. Linguagem de programação

O *software* criado no âmbito da presente dissertação foi criado recorrendo a plataforma de programação Microsoft Visual Studio 13 *Express* . Esta escolha, para além das características vantajosas desta linguagem de programação, que serão enumeradas de seguida, deveu-se a um bom conhecimento desta linguagem de programação, adquirido através de aplicações realizadas anteriormente e a um leque de pré configurações automáticas de bibliotecas. **[13] [14] [15] [16]**

O Microsoft Visual Studio 2013 *Express* é uma ferramenta de desenvolvimento gratuita, capaz de ajudar no *design* e programação de aplicações tanto simples como complexas. Apesar de não ser a versão completa, estão acessíveis a maior parte das ferramentas necessárias. Tem uma boa aparência, com uma boa organização da interface, onde a sua simplicidade é uma vantagem para programadores amadores, sendo que não são sacrificados os programadores mais experientes (Figura 2-27) **[9].**

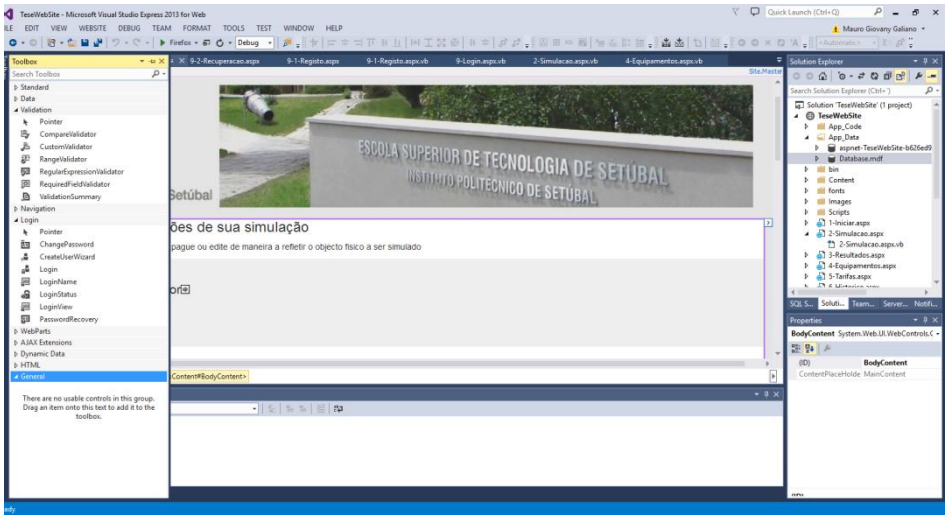


Figura 2-27 – Ambiente de trabalho do *software* Visual Studio 13 Express **[9]**

A criação das páginas Web nesta solução é feita por intermédio de ficheiros aspx, usados para definir os aspetos gráficos, sendo eles definidos por código HTML ou por *Drag and drop,* e ficheiros *aspx.vb* aonde se definem os comportamentos em execução da página, Figura 2-28.

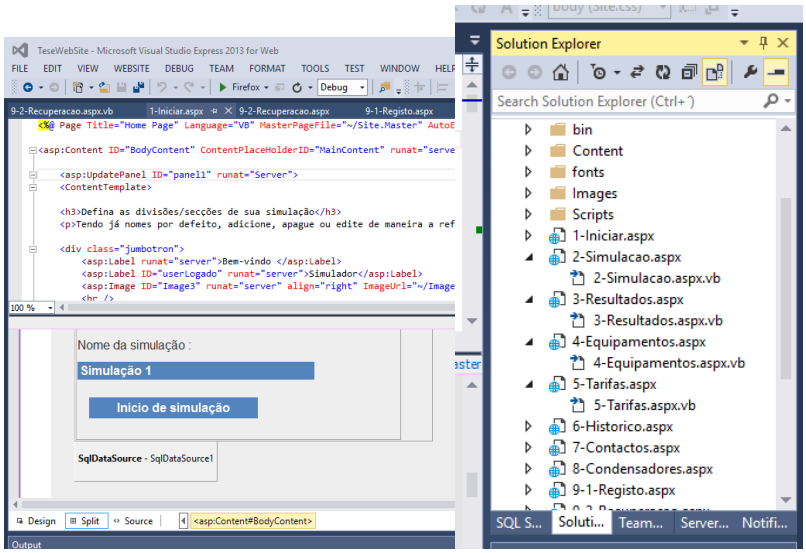
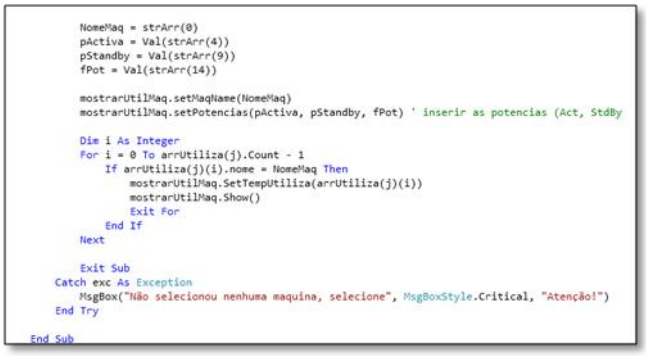


Figura 2-28 – Ficheiros Aspx e Aspx.vb

O painel "*Solution Explorer*", no lado direito organiza de maneira agradável os projetos por classes, pastas, base de dados, ficheiros de imagem, ficheiros aspx, ficheiros aspx.vb, etc. Sendo através deste painel que as propriedades dos objetos selecionados podem ser alteradas facilmente. O editor de código ajusta automaticamente a indentação e a cor de variáveis, comentários e classes para tornar o código mais fácil de analisar (Figura 2-29).



```
        NomeMaq = strArr(0)
        pActiva = Val(strArr(4))
        pStandby = Val(strArr(9))
        fPot = Val(strArr(14))

        mostrarUtilMaq.setMaqName(NomeMaq)
        mostrarUtilMaq.setPotencias(pActiva, pStandby, fPot) ' inserir as potencias (Act, StdBy

        Dim i As Integer
        For i = 0 To arrUtiliza(j).Count - 1
            If arrUtiliza(j)(i).nome = NomeMaq Then
                mostrarUtilMaq.SetTempUtiliza(arrUtiliza(j)(i))
                mostrarUtilMaq.Show()
                Exit For
            End If
        Next

        Exit Sub
    Catch exc As Exception
        MsgBox("Não selecionou nenhuma maquina, selecione", MsgBoxStyle.Critical, "Atenção!")
    End Try

End Sub
```

Figura 2-29 – Editor de código Visual Studio 13 Express

O código pode ser facilmente adicionando através da escrita direta ou através de um *link* da interface gráfica. A funcionalidade *IntelliSense*, que completa automaticamente os textos, é muito exata e de grande ajuda porque aumenta a velocidade de escrita de código e reduz a possibilidade de erros de referências para objetos erradas, por exemplo, erros em variáveis *case sensitives* *(Figura 2-30)*.

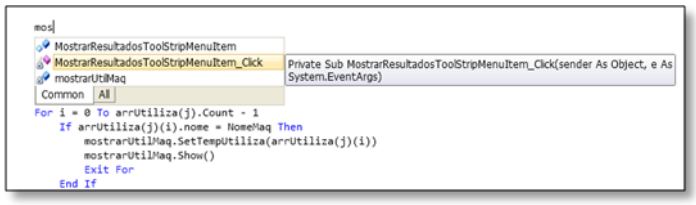


Figura 2-30 - Editor de código 2, Visual Studio 13 Express

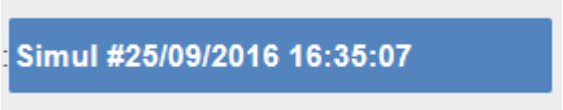
As ferramentas de *debug* disponibilizadas, tais como *breakpoints*, *Step Into*, *Step Over* são de extrema importância para a correção de erros e teste da aplicação. Existe também a possibilidade de alteração do código durante a fase de *debug*, sem que tenhamos de parar com o mesmo para se verem refletidas as alterações feitas para correção dos erros (Figura 2-31).

Figura 2-31 – Ferramentas de debug

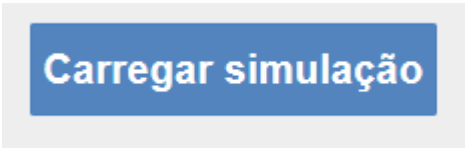
A possibilidade de publicação da página web desenvolvida, de maneira simples e programas auxiliares para o propósito é também uma mais-valia desta linguagem de programação em conjunto com este editor.

Os componentes de *design* que podem ser usados neste software são em um elevado número, com muitas facetas, onde alguns deles permitem só por si poupar linhas de código através bibliotecas predefinidas. Destacam-se abaixo alguns dos componentes usados:

1. **Caixas de texto,** permitem inserir ou visualizar texto.



2. **Botões,** permitem a execução de instruções VB para atuar na página em *runtime*.

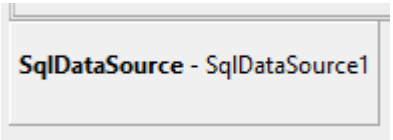


3. ***Gridview*, para disponibilização de informação em tabelas.**

Nrº	Utilizador	Simulação	
Eliminar Selecionar 3	Simulador	Simul-3-3-2016	
Eliminar Selecionar 7	Simulador	Simul #05/07/2016 23:10:47	
Eliminar Selecionar 8	Simulador	Simul #05/07/2016 23:52:12	
Eliminar Selecionar 9	Simulador	Simul #05/07/2016 23:54:39	

4. ***Chart's*,** controlo de gráficos.

5. ***SqlDataSource*, acesso à base de dados SQL.**



2.7. Organização do projeto

O projeto, feito com o recurso da linguagem *asp.net*, pode ser dividido em três componentes principais, sendo elas a interface acessível por um *browser*, o processamento em *runtime* e a base de dados aonde as informações finais são guardadas. A interface e o processamento, ficheiros *aspx* e *aspx.vb* respetivamente, foram elaborados com a seguinte estrutura (Figura 2-32).

Site.Master	•Classes que permitem definir o cabeçalho e rodapé para todas as outras classes.
Login	•Classe de entrada,caso o utilizador esteja registado.
Registo	•Classe que permite o registo de novos utilizadores.
Recuperação pass	•Caso os utilizadores percam a password, nesta classe é possível a sua recuperação.
Equipamentos	•Inserção, edição e eliminação de equipamentos finais na plataforma.
Tarifas	•Inserção, edição e eliminação de tarifas na plataforma
Condensadores	•Condensadores da energia reativa, passíveis de serem utilizados na simulação.
Iniciar	•Ponto de entrada aonde após login se escolhe a simulação.
Simulação	•Caracterização da simulação
Resultados	•Calculo e visualização dos dados da simulação.

Figura 2-32 – Organização das classes criadas para a plataforma

2.7.1. Site Master

A classe *Site-Master* é uma classe pertencente à ferramenta de desenvolvimento, passível de ser utilizada em projetos, aonde todas as definições visuais e de processamento *runtime* que constarão nas restantes classes são carregadas. Tal como neste projeto, esta classe é tipicamente usada para definições de cabeçalho, rodapés (Figura 2-34) e barra de menus (Figura 2-33).

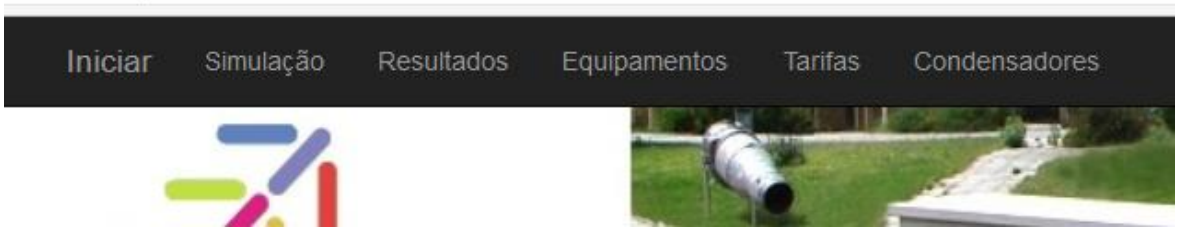


Figura 2-33 – Barra de menus

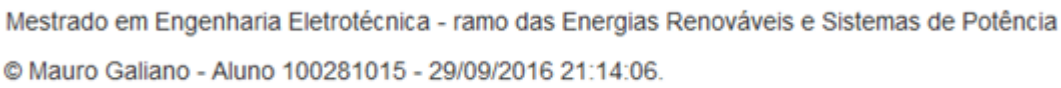


Figura 2-34 - Rodapé

2.7.2. Login

A classe Login, como o nome indica, comporta as funções de acesso a simulações previamente gravadas. As informações de cada utilizador, tais como palavra-passe, simulações, são gravadas numa base de dados SQL e o seu acesso e confirmação é feito por intermédio de botões e caixas de texto (Figura 2-35).

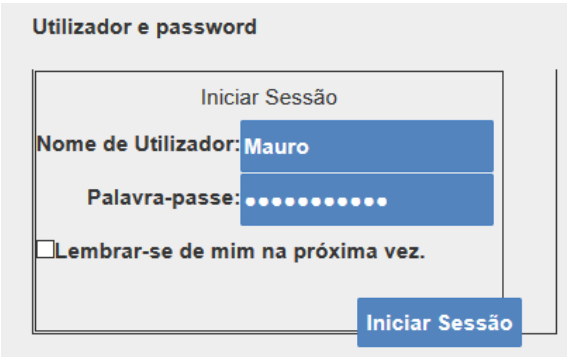


Figura 2-35 – Login de utilizador

2.7.3. Registo

Para os utilizadores que pretendam salvar as suas simulações a plataforma utiliza a classe Registo. Os detalhes destes registos são gravados na tabela da figura 2-38 e tem como interface a página HTML com layout da figura 2-36. Não é possível a inserção de utilizadores com o mesmo nome. Após o *click* no botão "Registar" a base de dados é percorrida e nomes de utilizadores já registados são descartados.

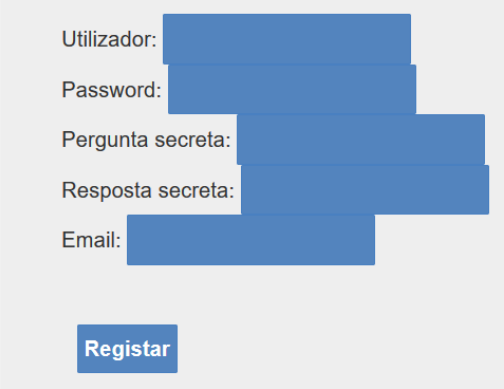


Figura 2-36 – Registo de utilizadores

2.7.4. Recuperação de palavra-passe

Recuperar a palavra-passe dos utilizadores que as percam é algo possível nesta plataforma, para tal terá de selecionar esta opção no menu principal e providenciar, por intermédio das caixas de texto, os dados como nome do utilizador e a resposta de segurança (Figura 2-37).

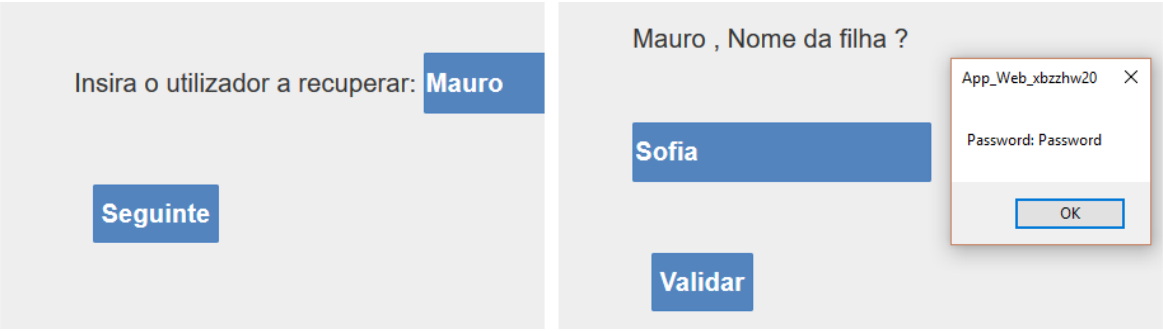


Figura 2-37 – Recuperação de palavra-passe

2.7.5. Base de dados dos utilizadores

Para que seja possível a gestão dos utilizadores recorreu-se ao acesso a uma das tabelas da base de dados do projeto (Figura 2-38). Nesta tabela os campos escolhidos e seus correspondentes tipos (campos de valores inteiros, campos de valores texto) permitem a inserção de um utilizador para posterior acesso e manipulação na plataforma.

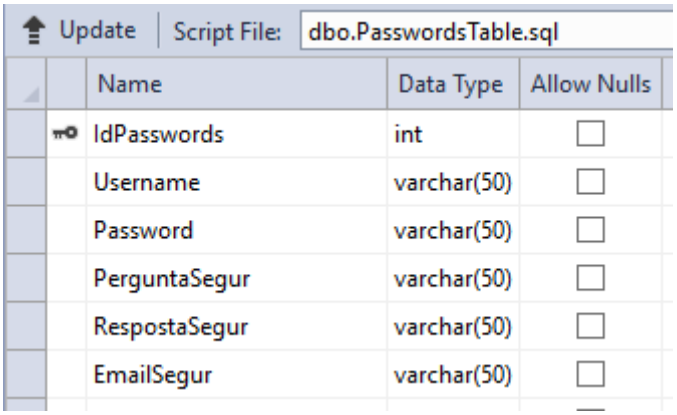


Figura 2-38 – Tabela SQL PasswordTable

Quer a leitura, quer a escrita é feita por intermédio de linguagem VB, presentes nos eventos *click* de botões nas classes Login, registo e recuperação de palavra-passes.

Detalhes sobre a comunicação com a base de dados SQL podem ser encontrados no anexo 3.

```
Private Function UserLogin(Un As String, Pw As String) As Boolean

        cn.Open()
        cmd = New SqlCommand("SELECT [Username],[Password] FROM [PasswordsTable]", cn)

        dr = cmd.ExecuteReader()

        While (dr.Read())
            DbUsername = dr(0)
            DbPassword = dr(1)

            If DbUsername.Equals(Un) And DbPassword.Equals(Pw) Then
```

2.7.6. Equipamentos

Equipamentos de uso final que queira adicionar à base de dados para que possa usá-los nas simulações são adicionados nesta página, presente também no menu principal (Figura 2-40). Para a sua inserção, necessita de inserir nas caixas de texto preparadas para o efeito, as características dos equipamentos.

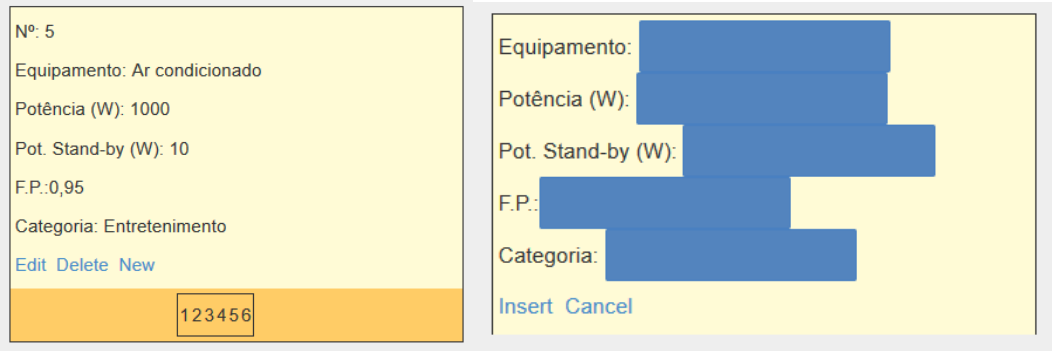


Figura 2-40 – Visualização e inserção de equipamentos de uso final na base de dados

Após a validação dos dados inseridos e verificação de unicidade de nome, os dados são inseridos na base de dados SQL. Esta inserção não requer nenhuma programação extra visto que o objeto *FormView* em conjunto com o objeto *SqlDataSource* tratam da interligação entre a página e a base de dados SQL. Os formatos que terão de ser seguidos aquando da inserção são definidos na tabela SQL EquipTable, presente na base de dados de destino (Figura 2-41).

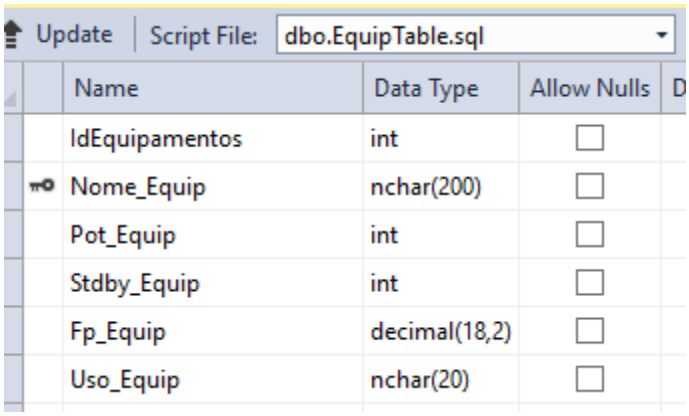


Figura 2-41 – Tabela SQL EquipTable

2.7.7. Tarifas

Tarifas aplicáveis às simulações poderão ser inseridas e ser representadas na plataforma, para tal a sua caracterização terá de ser feita recorrendo as caixas de texto da secção tarifas. Caso todos os campos respeitem o formato, caso haja números válidos nos campos ande se esperam, a tarifa é inserida na base de dados (Figura 2-42).

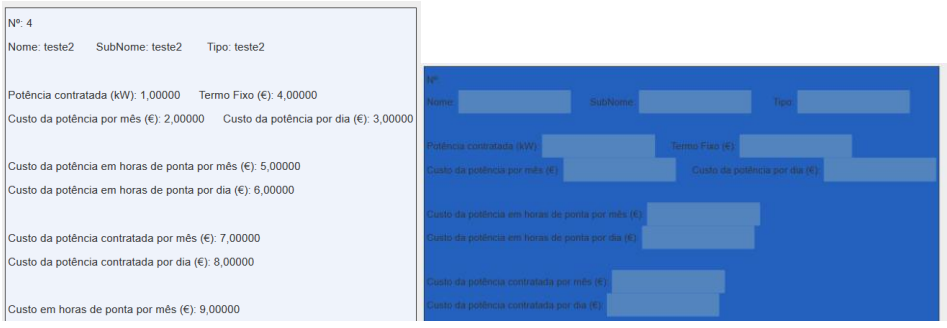


Figura 2-42 – Visualização e inserção de tarifas na base de dados

O recurso a programação VB é desnecessário visto que os objetos gráficos FormView e o objeto SqlDataSource fazem a gestão automática deste processo. Os campos referentes a tabela SQL TarifaTable podem ser visualizados na figura 2-43.

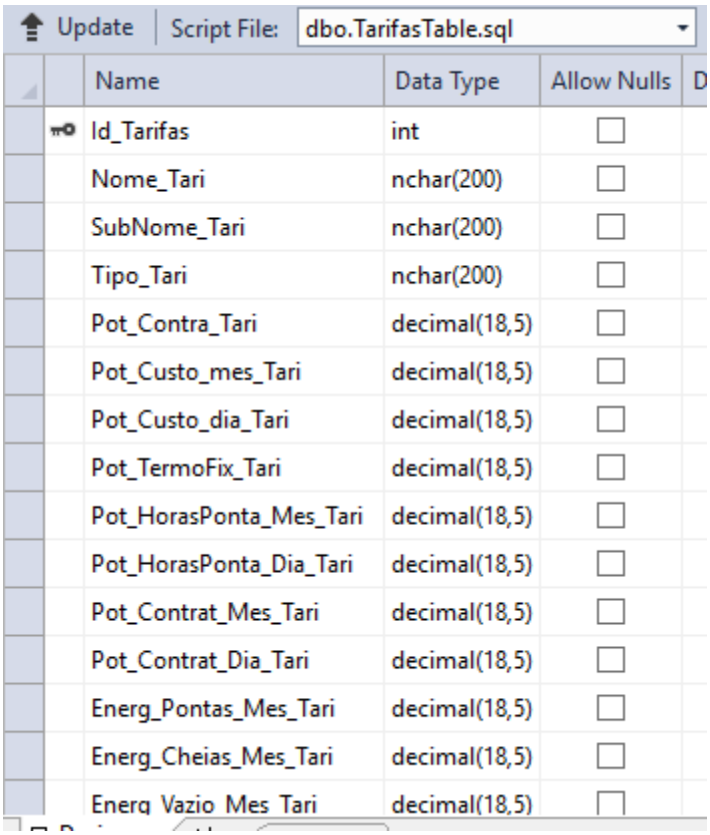


Figura 2-43 – Tabela SQL TarifasTable

2.7.8. Condensadores

Falar em eficiência energética é também falar na possibilidade de compensação da energia reativa. Dado que esta compensação é feita recorrendo-se a condensadores a plataforma contempla também uma secção para inserção dos mesmos. Após a sua inserção na base de dados (Figura 2-44) os condensadores ficam disponíveis para escolha nas simulações a serem feitas. A sua aplicação pode resultar em poupanças para a simulação, aonde será calculado um período de retorno de investimento.

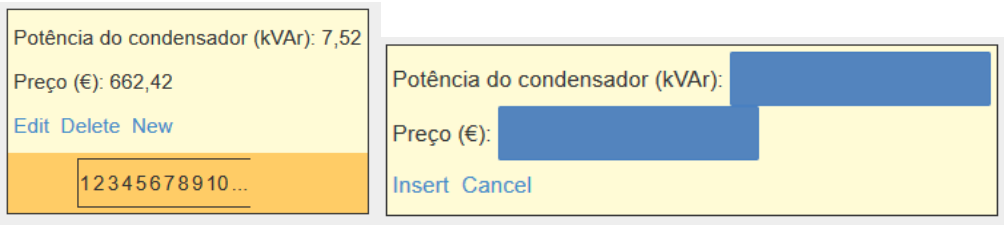


Figura 2-44 – Visualização e inserção de condensadores de energia reativa

Os recursos de acesso a base de dados para o caso dos condensadores é feito também seguindo a mesma filosofia previamente descrita, onde os objetos Formview e o objeto SqlDataSource estão interligados. Como se pode ver pela figura 2-44, a inserção de um condensador carece apenas do preço e da sua potência.

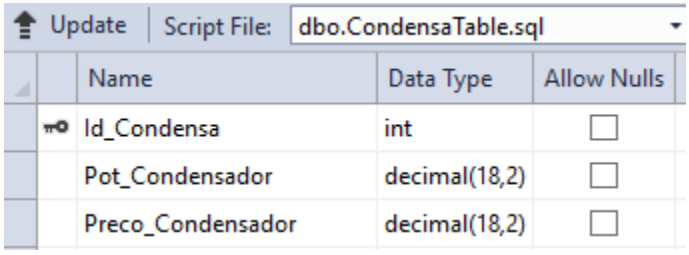


Figura 2-45 – Tabela SQL CondensaTable

2.7.9. Iniciar

O início de qualquer simulação é feito nesta secção onde por defeito o utilizador será chamado de Simulador. Caso haja login de algum utilizador haverá um reencaminhamento para esta página e caso este utilizador já tenha feito simulações as mesmas serão disponibilizadas (figura 2-46).

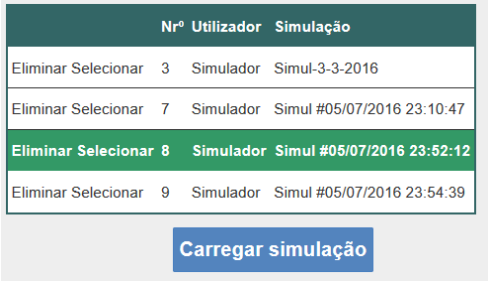


Figura 2-46 – Visualização das simulações de um determinado utilizador

Caso o utilizador queira criar outra simulação terá de definir o nome e as suas características, tal como o número de secções/divisões e seus respetivos nomes (figura 2-47).

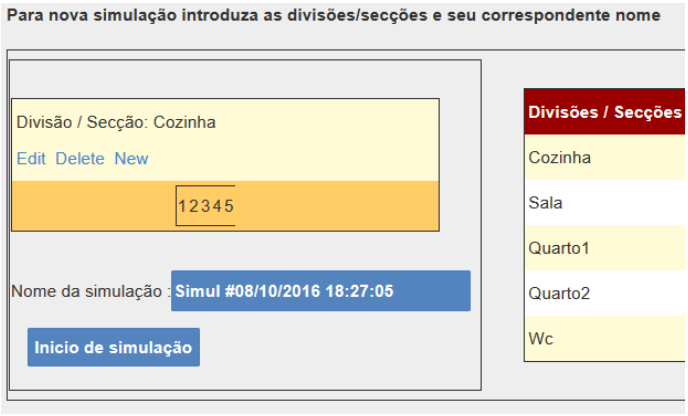


Figura 2-47 – Inserção de nova simulação e suas divisões/secções

2.7.10. Base de dados das simulações versus utilizadores

O acesso às várias simulações dos respetivos utilizadores, descrito anteriormente, é efetuado com o suporte a funções VB. Recorrendo a estas funções, já descritas anteriormente a tabela da figura 2-48 é acedida. O campo User_Simul de cada simulação contem apenas simuladores que estejam presentes na tabela SQL PasswordsTable.

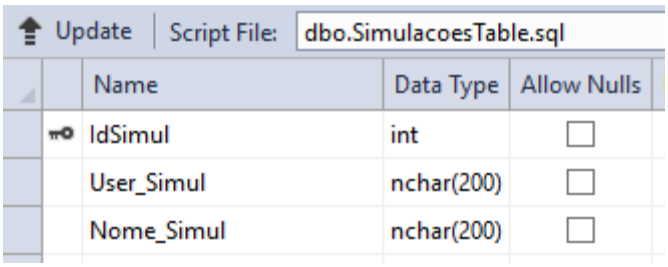


Figura 2-48 – Tabela SQL SimulacoesTable

2.7.11. Simulação

Na página simulação, acessível pelo menu principal ou pela página inicial, são disponibilizadas as secções/divisões adicionadas a cada perfil de simulação. A base de dados atual dos equipamentos de uso final é também disponibilizada para possível seleção e caracterização (Figura 2-49).

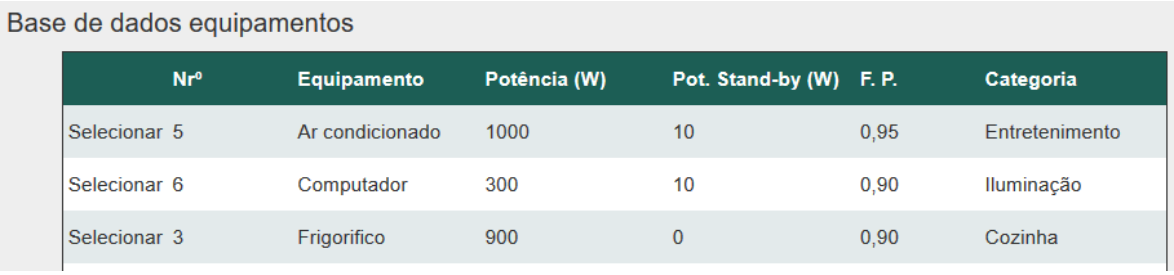


Figura 2-49 – Visualização da base de dados dos equipamentos de uso final

Ao se selecionar um equipamento de uso final, para adição a uma determinada secção/divisão, através de controlos simples podemos definir as características de utilização do mesmo (Figura 2-50).

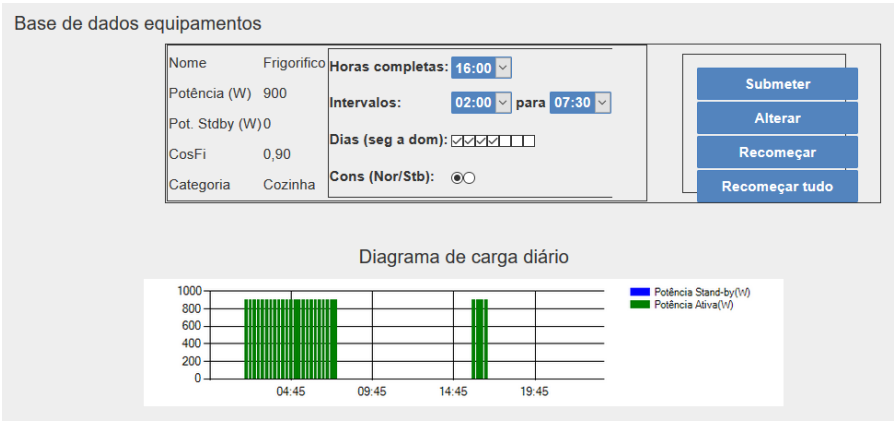


Figura 2-50 – Seleção e caracterização de equipamento de uso final

Dentro destas horas de utilização pode-se ter uma potência nominal constante ou variável, tal como acontece a alguns equipamentos onde seu regime de funcionamento impõe um consumo variável de energia. Para melhor representar estas situações a plataforma dispõe de uma opção para afetar em percentagem a potência nominal, Um hipotético diagrama de carga resultante desta operação pode ser visto na figura 2-51.

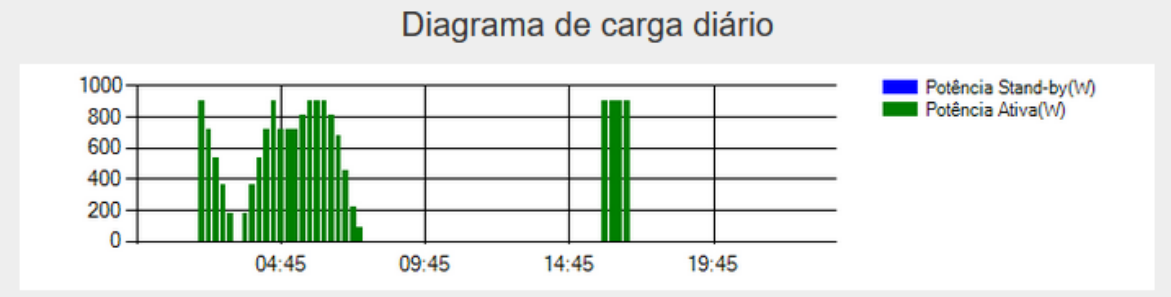


Figura 2-51 – Diagrama de carga resultante de equipamento de uso final com consumo variável.

Esta plataforma possibilita o carregamento de informações resultantes de ficheiros auditoria. Para tal terá de se respeitar o formato de inserção na mesma e após alguns cliques esta informação será adicionada (Anexo 2). A informação carregada deste ficheiro auditoria é encarada como um equipamento, figura 2-52.

Eliminar Selecionar 75	Auditoria-1	1000	1000	1,00	Auditorias
Eliminar Selecionar 76	Auditoria-2	1000	1000	1,00	Auditorias

Figura 2-52 – Ficheiro auditoria adicionado a simulação decorrente

É possível a visualização de resultados preliminares, tais como potência e energia total, de cada divisão. Para tal terá de recorrer aos botões de visualização de diagrama de carga disponíveis nesta página.

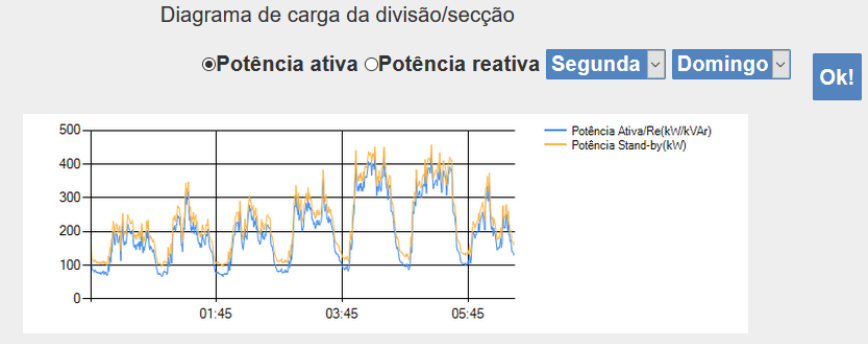


Figura 2-53 – Diagrama de carga de uma divisão/secção em modo simulação

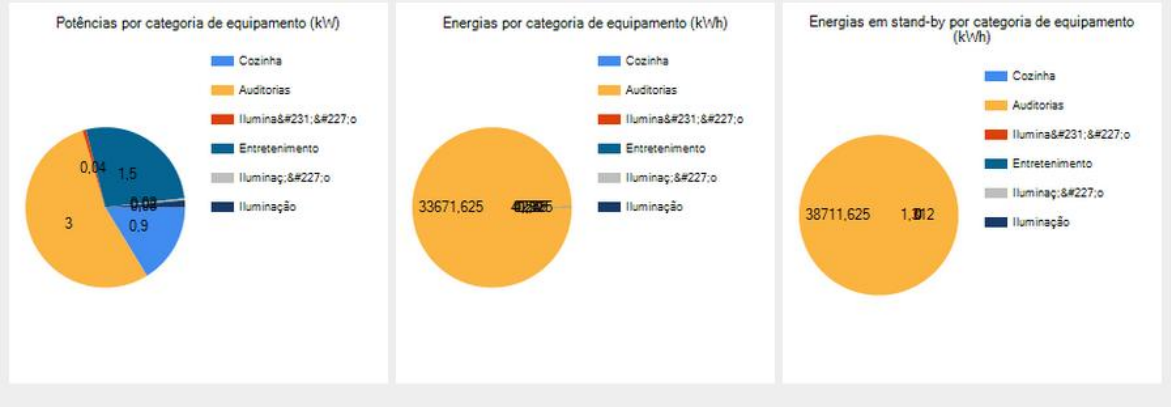


Figura 2-54 – Potências e energias por categoria de equipamento de uso final

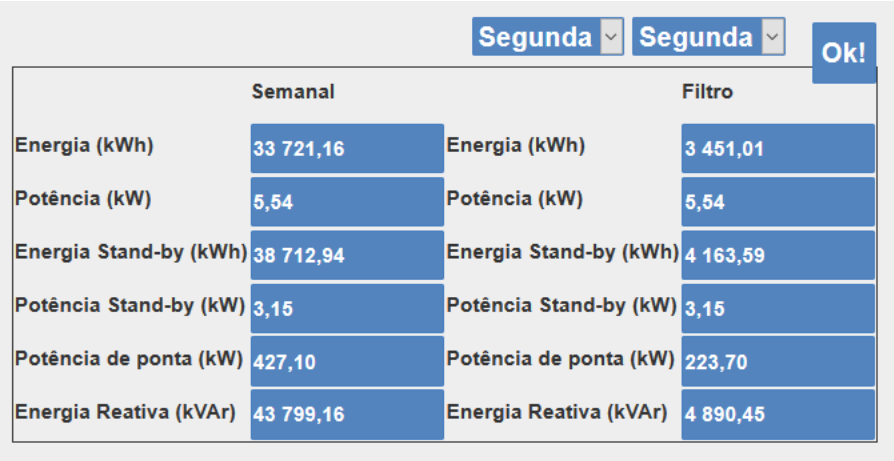


Figura 2-55 – Potências e energias de uma divisão/secção em período de simulação

2.7.12. Base de dados das simulações

Todas as operações realizadas na página simulação são passadas para a tabela UsoTable da base de dados SQL. É nesta tabela que todos os equipamentos de uso final, suas características elétricas, sua utilização, simulação correspondente e utilizador a que pertence a referida simulação são inseridos (Figura 2-56).

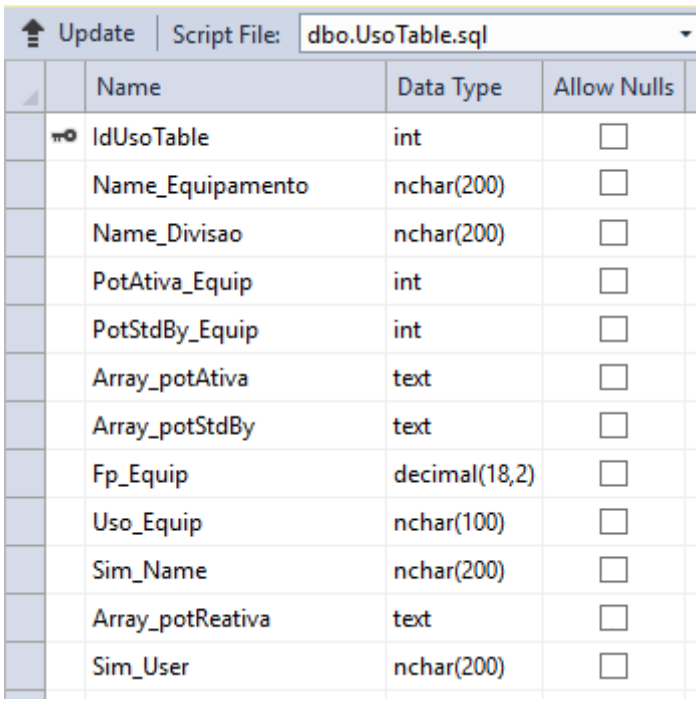


Figura 2-56 – Tabela SQL UsoTable

O facto de toda a informação concernente às várias simulações estarem todas disponibilizadas na mesma tabela não compromete a privacidade dos dados por parte de outros utilizadores. Esta privacidade é garantida pelos vários filtros colocados nas tabelas das páginas, onde os mesmos disponibilizam apenas as informações dos utilizadores conectados e apenas das simulações selecionadas.

É de realçar que os diagramas de carga dos equipamentos de uso final são gravados na base de dados como *Strings,* ou seja, cada contribuição a nível de potência por intervalo de tempo é compilada numa *string*. Aquando a utilização, estas *Strings* são decompostas e os seus elementos são transformados de texto para números, figura 2-57.

Name_Divisao	PotAtiva_Equip	PotStdBy_Equip	Array_potAtiva	Array_potStdBy	Fp_Equip
QuartoUnico ...	20	0	0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0...	0-0-0-0-0-0-0-0...	0,80
QuartoUnico ...	20	0	0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0...	0-0-0-0-0-0-0-0...	0,80
QuartoUnico ...	20	0	100-100-100-100-0-0-0-0-0-0-0-...	0-0-0-0-0-0-0-0...	0,80
Cozinha ...	1000	1000	43,3-28,9-28,9-28,9-27,8-26,7-28,...	53,3-38,9-38,9-...	1,00
QuartoUnico ...	20	0	0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0...	0-0-0-0-0-0-0-0...	0,80
QuartoUnico ...	20	0	0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0...	0-0-0-0-0-0-0-0...	0,80
Cozinha ...	20	0	0-100-100-100-100-100-100-0-0-0-0	0-0-0-0-0-0-0-0...	0,80

Figura 2-57 – Diagrama de carga inserido na base de dados

2.7.13. Resultados

Tendo finalizada a caracterização, em termos de equipamentos de uso final e seus tempos de funcionamento, é possível visualizar na página “Resultados” o diagrama de carga global que compreende a contribuição de todas as secções/divisões da simulação (Figura 2-58).

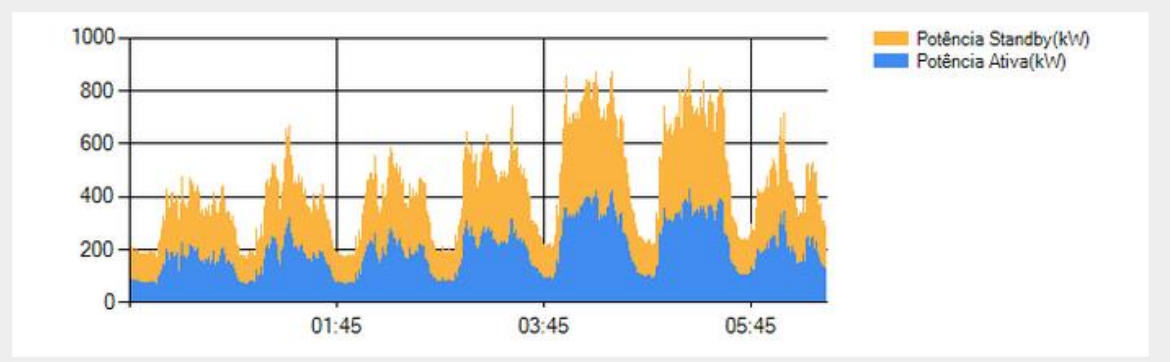


Figura 2-58 – Diagrama de carga global da simulação.

Nesta secção são disponibilizados também a base de dados das tarifas e a base de dados com os condensadores de energia reativa, com estas duas componentes, escolhendo um período de simulação, obtemos como resultado uma estimativa de custos durante o período selecionado (Figura 2-59). A inserção da data é necessária porque a plataforma tem como princípio a inserção de informação numa base semanal e pressupõe que durante o período escolhido todos os dias da semana no intervalo serão exatamente iguais aos da referência semanal.

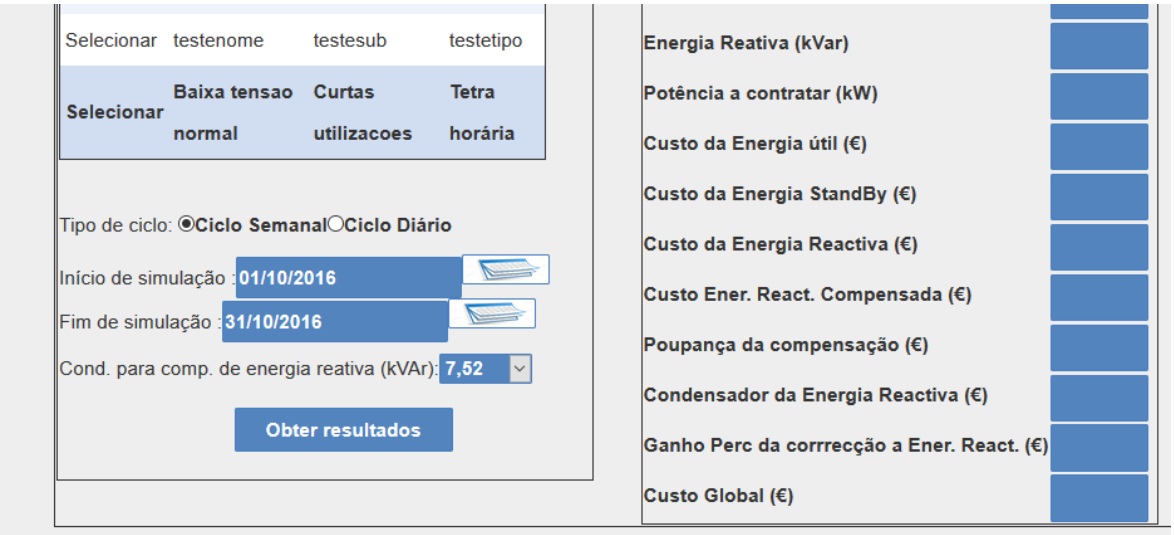


Figura 2-59 – Resultados da simulação após a inserção da data, da tarifa e do condensador de energia reativa.

Dentro deste intervalo é também verificado o número de dias no período de inverno e no período de verão por haver horas específicas nestes dois períodos para os intervalos de cheias e vazios. Mediante a tarifa escolhida, o consumo terá um peso diferente nos dois períodos (Verão e inverno). A Figura 2-60 ilustra esta diferença horária tomando como exemplo uma opção tarifária tri-horária.

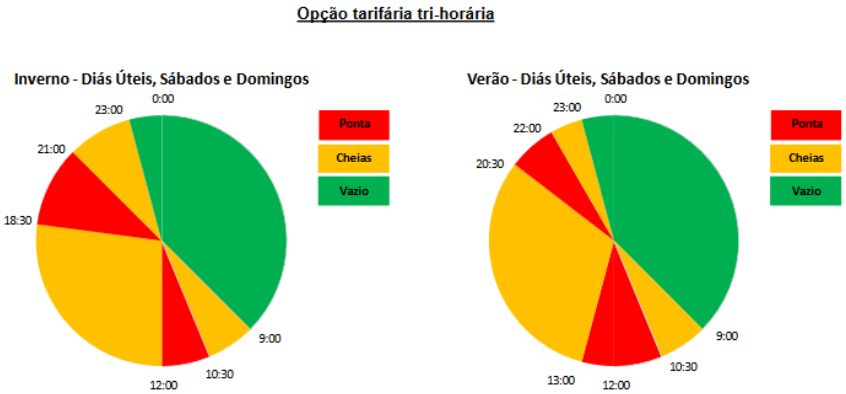


Figura 2-60 – Opção tarifária tri-horária **[Fonte, ERSE] [11]**

A contribuição da energia reativa em termos de custo é determinada pela tarifa, sendo que existem regras para esta quantificação. Estas regras podem ser consultadas em detalhe nos sites informativos da ERSE, ficando um excerto dos escalões de multiplicação na figura 2-61.

Escalão	Descrição	Factor multiplicativo
Escalão 1	Correspondente a tg φ superior ou igual a 30% e inferior a 40%	0,33
Escalão 2	Correspondente a tg φ superior ou igual a 40% e inferior a 50%	1,00
Escalão 3	Correspondente a tg φ superior ou igual a 50%	3,00

Figura 2-61 – Fatores multiplicativos para a energia reativa **[Fonte, ERSE][11]**

É importante realçar que ao selecionar-se um condensador de energia reativa, dependendo dos dados do diagrama de carga, ou seja, dos valores máximos de energia reativa e sua duração, teremos um retorno de investimento mais curto ou mais longo. Totalizando os custos associados ao consumo e aos custos fixos associados às opções de tarifa obtém-se então uma estimativa da simulação.

A nível de base de dados, a página “resultados” recorre também ao acesso à base de dados SQL, nomeadamente à tabela “UsoTable”. O seu funcionamento é em tudo igual à página “Simulação” tirando o facto de esta página sumarizar todas as divisões que a simulação possa ter.

Capítulo 3 Case Study

Para melhor testar, ilustrar e averiguar as capacidades da plataforma, propõe-se de seguida um breve *case study* onde uma pequena habitação familiar e seus hábitos de consumo são simulados. De maneira pormenorizada se fará refletir estas particularidades e se fará um roteiro por todas as páginas da plataforma.

3.1. Descrição da simulação

A presente simulação comporta os hábitos de consumo de uma família com a seguinte descrição:

- Um casal, sendo o chefe de família trabalhador ativo e a sua conjugue desempregada por opção;
- Uma criança de 15 anos frequentando o 10º ano no curso de informática.

A família em estudo tem os seguintes hábitos, que estão intrincadamente ligados às suas necessidades energéticas:

- As manhãs são dedicadas à preparação da criança para ir para a escola;
- Em paralelo o chefe de família prepara-se também para a sua atividade profissional;
- A mãe, após a preparação do filho e marido, começa os seus afazeres domésticos, como a preparação de refeições e tratamento da roupa;
- Aquando a chegada do chefe de família a casa, juntamente com a criança, a preparação do jantar começa;

- É neste mesmo horário que a criança liga o seu computador para fazer alguns deveres ou a consola, caso queira se divertir;
- Na hora de dormir, que tipicamente é às 23 horas, a iluminação é desligada tal como os televisores;
- Os fins-de-semana são reservados para momentos em família, onde um filme é assistido no sistema *home-cimena*.

A tipologia da habitação é a seguinte:

- 2 quartos, sendo 1 dos quartos para o casal e o Segundo para a criança;
- 1 sala;
- 1 casa de banho;
- 1 cozinha;
- 1 varanda/lavandaria;

Os equipamentos de uso final são:

- 8 Lampadas incandescentes;
- 1 Frigorifico;
- 1 Arca;
- 1 Microondas;
- 1 Chaleira eletrica;
- 1 Grelhador elétrico;
- 1 Fogão elétrico;
- 2 Televisões;
- 2 Computadores;
- 1 Sistema Home cinema.

3.2. Registo do utilizador

Aquando o acesso à base de dados o utilizador por defeito será o “Simulador”, sendo este utilizador criado para os casos em que a simulação for feita sem compromissos e sem necessidade de a guardar.

Para registo do utilizador, a opção “Login” no menu terá de ser selecionada e as informações relevantes terão de ser inseridas, figura 3-1.

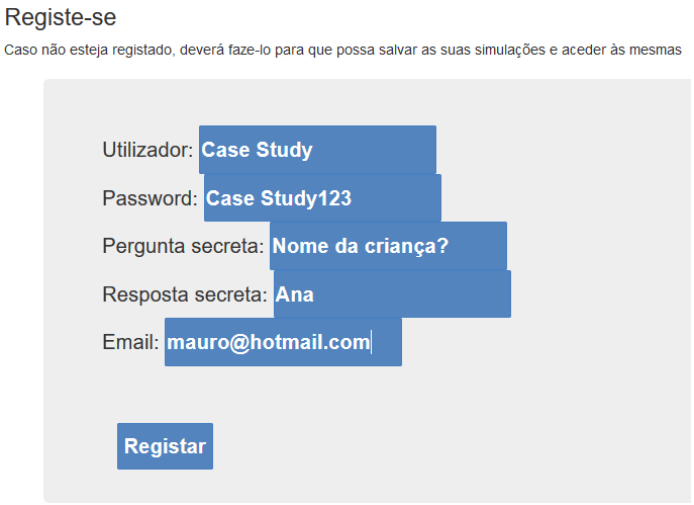


Figura 3-1 – Registo do utilizador "Case Study"

3.3. Recuperação da palavra-passe do utilizador

Caso se pretenda recuperar a palavra-passe do utilizador a opção "*Passwords*" no menu terá de ser selecionada. Após uma resposta certa à pergunta de segurança a palavra-passe é mostrada numa janela de mensagem, figura 3-3.

Figura 3-2 – Inserção de utilizador e resposta secreta.

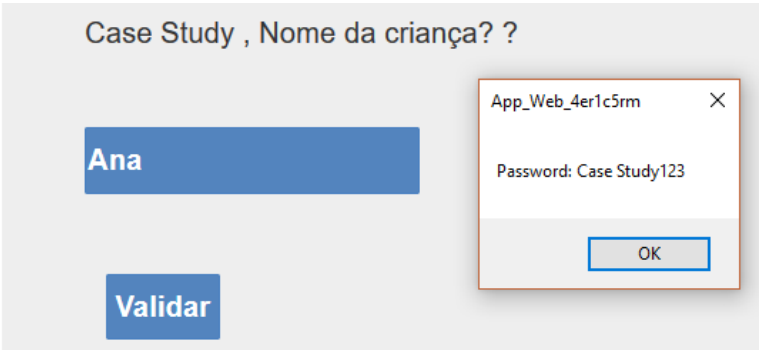


Figura 3-3 – Janela de mensagem contendo a palavra-passe.

3.4. Login do utilizador

O Login dos utilizadores pode ser feito automaticamente, findando um novo registo, ou recorrendo ao menu, nomeadamente na opção "*Login*".

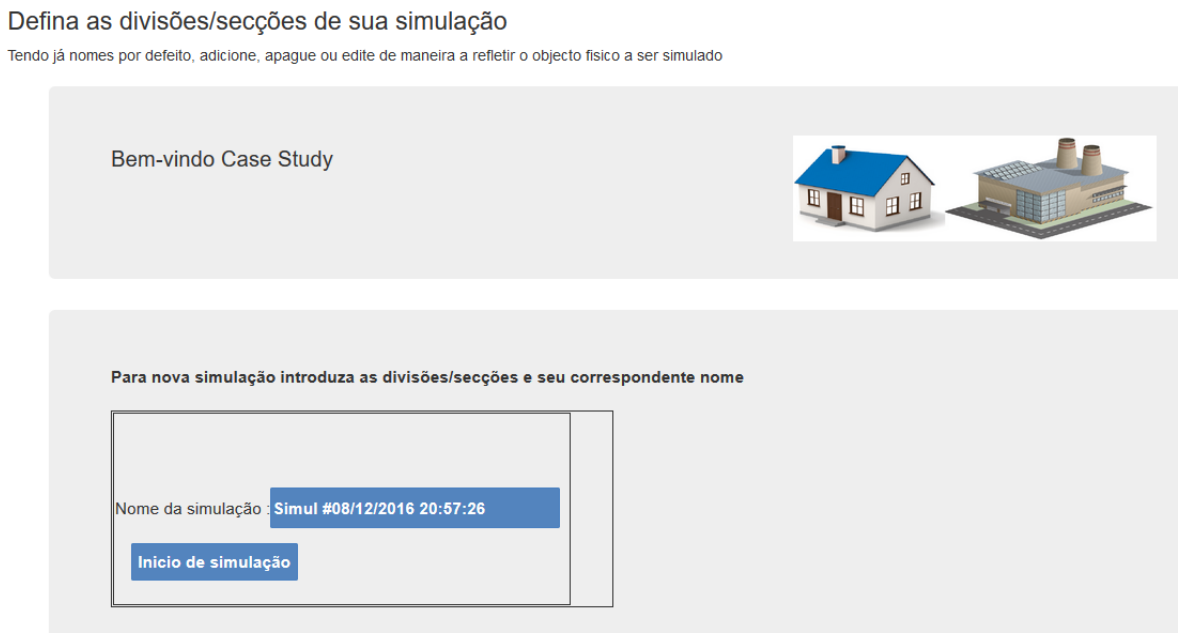


Figura 3-4 – Login automático após registo.

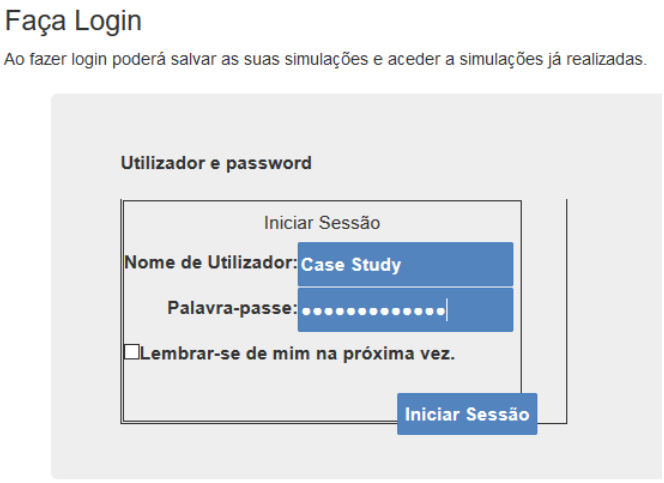
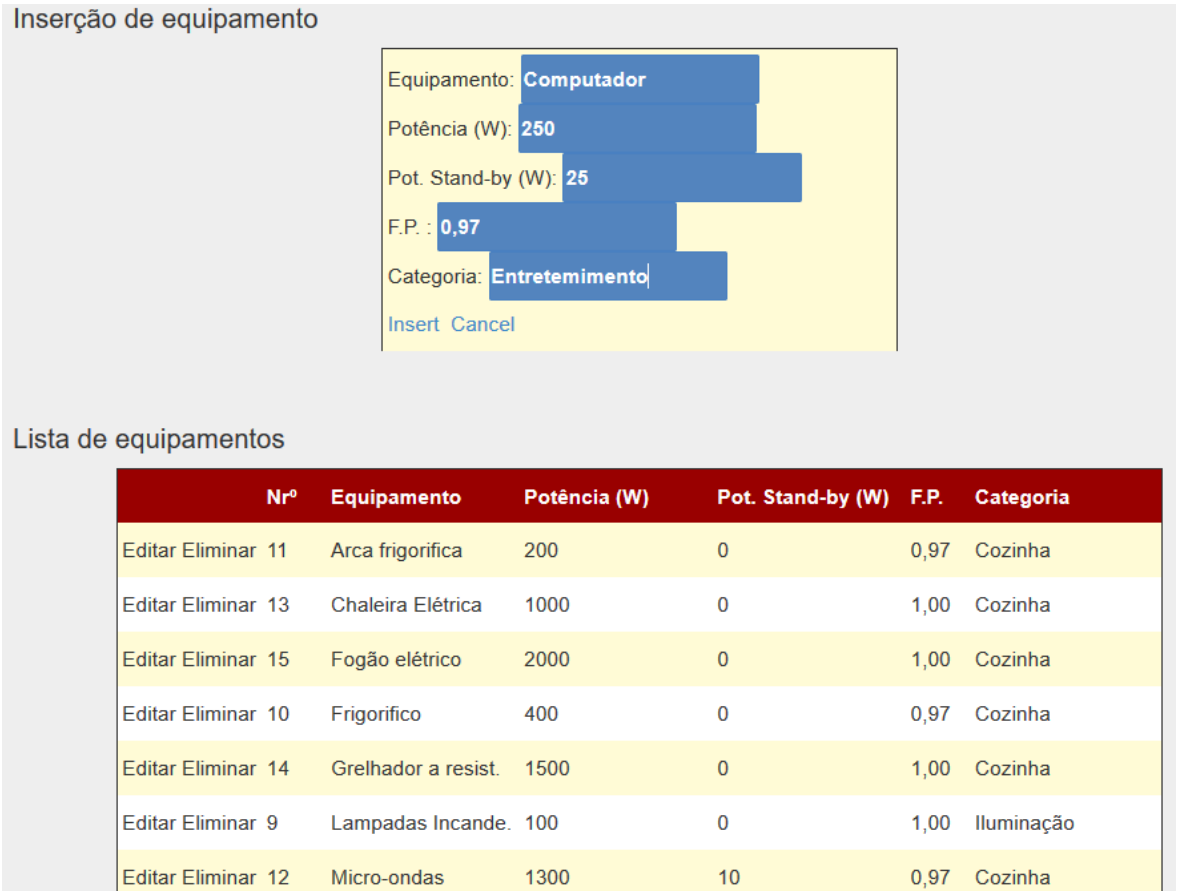


Figura 3-5 – Login usando a opção "*Login*" do menu.

3.5. Inserção de equipamentos de uso final

Dada a lista de equipamentos de uso final que compõe a habitação desta família o carregamento dos mesmos na plataforma foi efetuado (Figura 3-6).



Nrº	Equipamento	Potência (W)	Pot. Stand-by (W)	F.P.	Categoria
Editar Eliminar 11	Arca frigorifica	200	0	0,97	Cozinha
Editar Eliminar 13	Chaleira Elétrica	1000	0	1,00	Cozinha
Editar Eliminar 15	Fogão elétrico	2000	0	1,00	Cozinha
Editar Eliminar 10	Frigorifico	400	0	0,97	Cozinha
Editar Eliminar 14	Grelhador a resist.	1500	0	1,00	Cozinha
Editar Eliminar 9	Lampadas Incande.	100	0	1,00	Iluminação
Editar Eliminar 12	Micro-ondas	1300	10	0,97	Cozinha

Figura 3-6 – Inserção de equipamentos de uso final.

3.6. Inserção de tarifas

Para que se possa fazer a quantificação em termos de custo de um determinado consumo terão de ser aplicadas tarifas ao mesmo. Para este *case study* foram introduzidas, a título de exemplo, duas tarifas da EDP Serviço Universal para clientes finais em baixa tensão normal, ou seja com uma potência instalada menor ou igual a 2,3 kVA, a tarifa simples de 1,15 kVA's e a tarifa simples de 2,3 kVA's, figura 3-7. A aplicação destas duas tarifas será mostrada aquando a demonstração de resultados.

Realça-se que por ser uma plataforma capaz de receber várias opções de tarifas mais complexas, aquando a inserção de tarifas mais simples é espectável que alguns campos por serem irrelevantes sejam preenchidos com o valor 0.

ERSE ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS

TARIFAS TRANSITÓRIAS DE VENDA A CLIENTES FINAIS A APLICAR PELOS COMERCIALIZADORES DE ÚLTIMO RECURSO AOS FORNECIMENTOS A CLIENTES FINAIS EM BTN ≤ 2,3 KVA EM PORTUGAL CONTINENTAL.

TARIFA TRANSITÓRIA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM BTN (<=2,3 kVA)		PREÇOS	
Potência	**(kVA)**	**(EUR/mês)**	**(EUR/dia) ***
Tarifa simples	1,15	2,54	0,0832
	2,3	4,46	0,1461
Energia activa		**(EUR/kWh)**	
Tarifa simples		0,1408	

Figura 3-7 – Tarifas para clientes finais em BTN ≤ 2,3 kVA de potência contratada

A figura 3-8 ilustra a página após inserção das duas tarifas na plataforma.

Lista das tarifas disponíveis

	Nrº	Nome	Sub Nome	Tipo	Potência (kVA)
Eliminar	18	BTN (<=2,3 kVA)	Simples 1,15 kVA	Simples	1,15
Eliminar	1018	BTN (<=2,3 kVA)	Simples 2,3 kVA	Simples	2,30

Figura 3-8 – Visualização das Tarifas inseridas na base de dados

3.7. Inserção de condensadores

Para a inserção de condensadores na base de dados, visando a compensação da energia reativa recorreu-se a um catálogo de uma fabricante para obtenção de dados de potência e preço alinhados com os preços praticados no mercado, figura 3-9.

Figura 3-9 – Lista de condensadores para compensação de energia reativa.

3.8. Início de simulação

O início da simulação dá-se após Login do utilizador. O passo seguinte é a definição das divisões pretendidas para a simulação, divisões estas que expressam a disposição real do objeto a simular, sendo que serão sugeridas por defeito algumas divisões, figura 3-10.

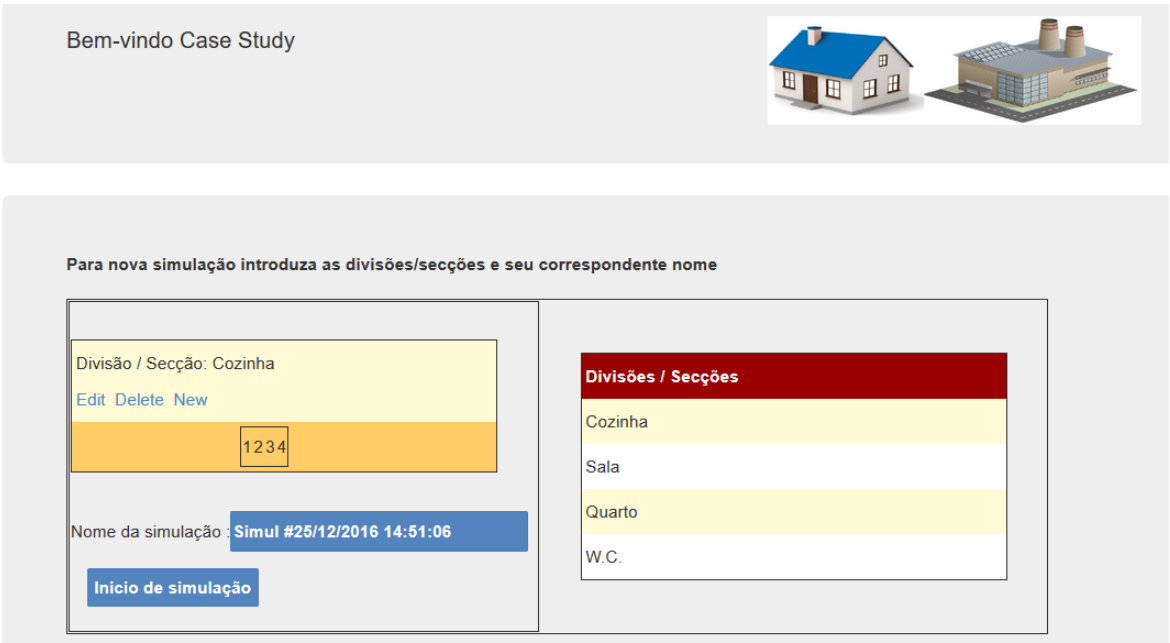


Figura 3-10 – Início de simulação, após login to utilizador "Case Study"

Para a criação da simulação, usando a tabela de apoio de divisões/secções, o nome da mesma terá de ser definido, sendo que um nome por defeito é sugerido com base na data e hora atual. Após edição das divisões e definição do nome a operação será concluída com o *click* no botão "Inicio de simulação".

3.9. Caracterização da simulação

A caracterização da simulação passa por inserir os equipamentos de uso final nas suas respetivas divisões e fazer refletir a sua utilização para construção dos diagramas de carga. Com a descrição do perfil comportamental da família fez-se a inserção na simulação e obtiveram-se diagramas de carga por divisão onde se destacam o da sala e o da cozinha, sendo eles as maiores fontes de consumo.

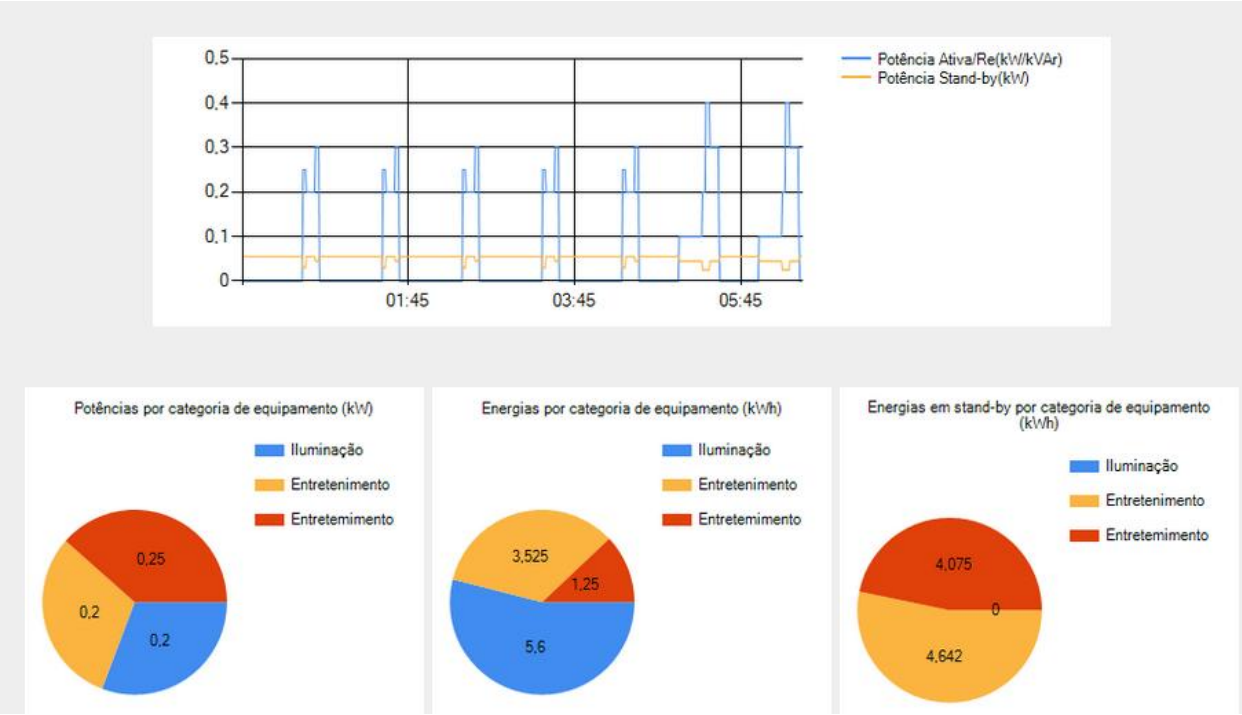


Figura 3-11 – Diagrama de carga, distribuição da potência e energia na sala.

No diagrama de carga da sala, figura 3-11, pode-se ver que a utilização da potência é igual nos vários dias úteis e varia ligeiramente aos fins-de-semana. Esta diferença deve-se simplesmente à rotina desta família. Podemos ver que há uma forte componente de energia em *standby*. Este consumo energético deve-se a uma reduzida utilização de certos equipamentos de uso final onde após a sua utilização os mesmos não são desconectados das fichas e permanecem num modo adormecido, o vulgo "*Stand-by*".

Um dos equipamentos que levam a consumos excessivos de energia em *stand-by* é a televisão (Figura 3-12). A família neste *case study* tem por hábito assistir programas televisivos depois do jantar. Devido ao facto da família não desconectar o equipamento da ficha o mesmo fica ligado várias horas por dia

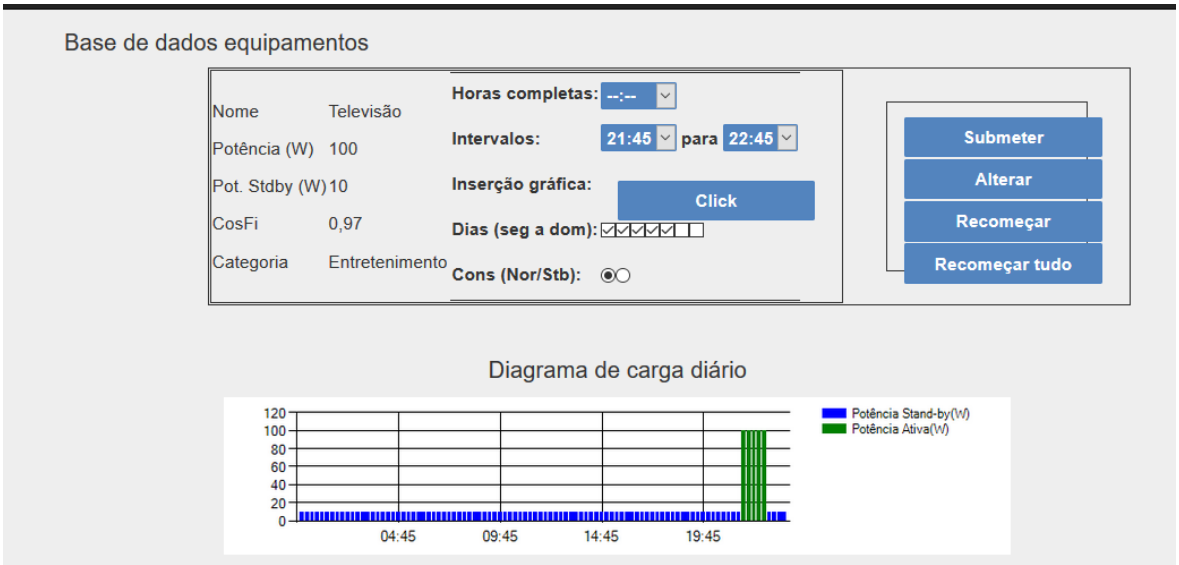


Figura 3-12 – Utilização da televisão, onde se destaca a contribuição do modo *standby*

Um fato muito importante a ter em conta, nomeadamente nas situações onde existem grandes potências em jogo, é a simultaneidade dos consumos. Pelo que se pode ver no diagrama de carga da cozinha, figura 3-13, os valores de potência de ponta são elevados. Existe uma tendência natural de ignorarmos aspetos como a simultaneidade no uso dos vários equipamentos.

Esta abstração pode levar a potências de ponta mais elevados, onde o consumidor terá de dimensionar a sua instalação para estes mesmos consumos ou terá de subscrevera tarifas mais caras com maior capacidade de potência permitida. A resolução para este problema passa por se evitar esta mesma simultaneidade e sempre que possível usar os equipamentos de uso final com maior potência em janelas de tempo diferentes.

Figura 3-13 - Diagrama de carga, distribuição da potência e energia na cozinha.

Pela figura3-13 pode-se ver que só a contribuição da cozinha em termos de potência de ponta suplanta a potência da tarifa escolhida, esta situação indica-nos que poderá haver eventuais disparos no quadro da habitação. Para que tal não aconteça terá de se escolher uma tarifa com mais folga na potência permitida, o que pode acarretar um preço maior, ou terá de se otimizar a utilização dos aparelhos ou até mesmo considerar a exclusão de alguns.

Para efeitos desta simulação fez-se o ajustamento da tarifa escolhida de modo a manter os custos referentes à mesma mas a aumentar a potência contratada da tarifa para 8 kVA

Existem situações de divisões onde a componente *standby* é tão preponderante que suplanta ou quase iguala o uso de energia ativa, figura 3-14. Nestes casos é necessário escolher equipamentos com a componente de potência em *standby* mais baixa ou simplesmente mudar comportamentos de consumo.

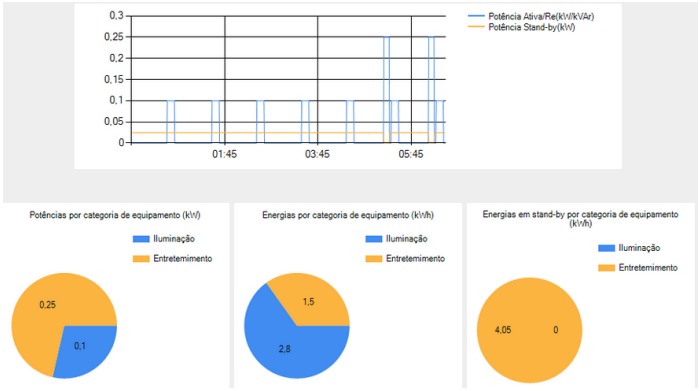


Figura 3-14 - Diagrama de carga, distribuição da potência e energia em um dos quartos.

3.10. Resultados da simulação

Feita a caracterização da simulação e obtida, a título informativo, o diagrama de carga, a energia consumida por divisão, potência instalada por divisão, por aplicação à simulação das datas de realização da mesma e dos detalhes da tarifa obtêm-se os custos inerentes a mesma. Estes passos serão descritos em seguida.

Na página de resultados das diversas simulações os equipamentos de uso final serão dispostos como na figura 3 -15, a disposição das colunas não pode ser trocada, sendo possível organizar por ordem crescente e decrescente, os valores de cada uma delas.

Equipamentos presentes na simulação

Equipamento	Potência (W)	Pot. Stand-by (W)	F. P.	Divisão / Secção	Categoria
Micro-ondas	1300	10	0,97	Cozinha	Cozinha
Chaleira Elétrica	1000	0	1,00	Cozinha	Cozinha
Grelhador a resist.	1500	0	1,00	Cozinha	Cozinha
Fogão elétrico	2000	0	1,00	Cozinha	Cozinha
Televisão	100	10	0,97	Sala	Entretenimento
Televisão	100	10	0,97	Quarto principal	Entretenimento
Computador	250	25	0,97	Quarto da criança	Entretemimento
Computador	250	25	0,97	Sala	Entretemimento
Home Cinema	100	20	0,97	Sala	Entretenimento

12

Figura 3-15 – Equipamentos de uso final presentes na simulação.

A disposição dos diagramas de carga, aquando a visualização dos resultados da simulação, compõe todas as contribuições das divisões presentes na simulação. Para a simulação em causa podemos observar que os consumos nos dias úteis são similares e os do fim-de-semana também. As potências de ponta atingem valores de pico de aproximadamente 3.5 kW devido a alta concentração de potência nos respetivos períodos, figura 3-16.

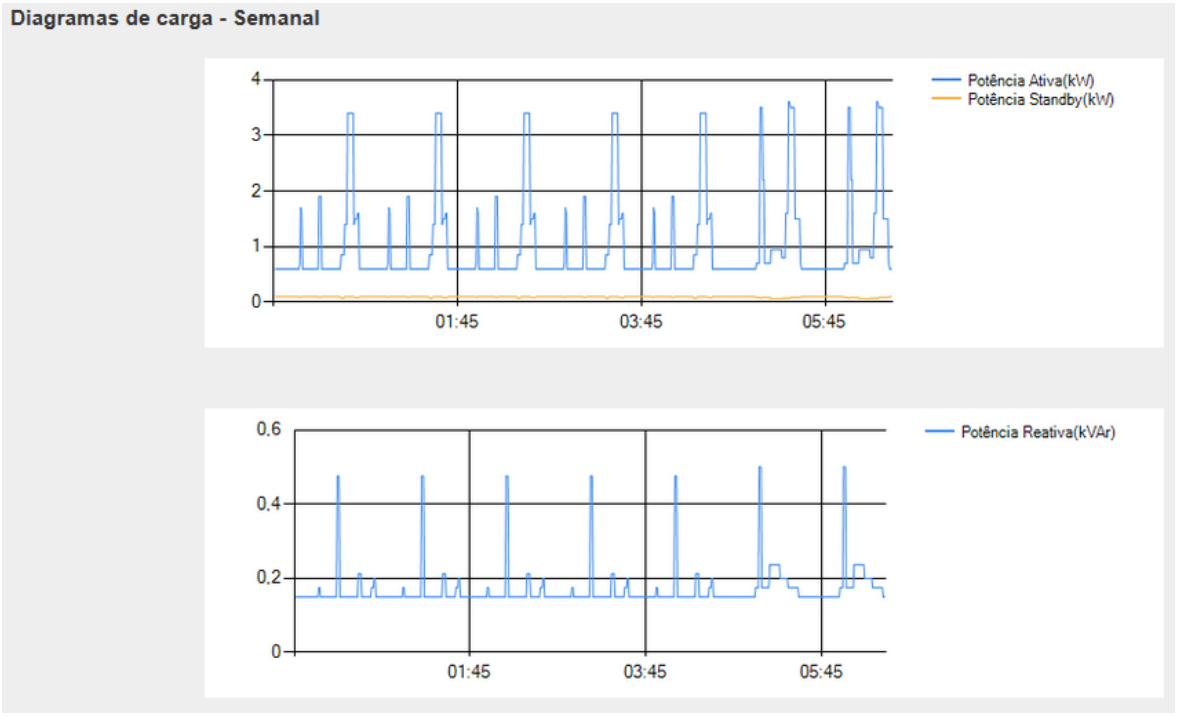


Figura 3-16 – Diagrama de carga da simulação efetuada.

É possível ver nas demonstrações gráficas da figura 3-17 e da figura 3-18 que a contribuição a nível de potência e subsequente energia consumida vem principalmente da divisão da cozinha devido a alta potência de seus equipamentos de uso final, comparativamente aos equipamentos de outras divisões, e devido ao seu uso por períodos maiores.

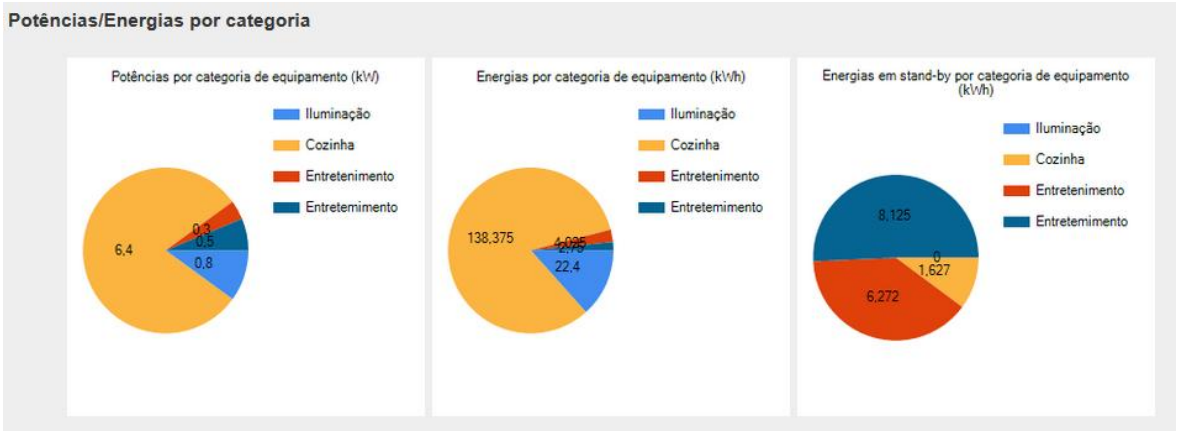


Figura 3-17 - Potências / energias por categoria.

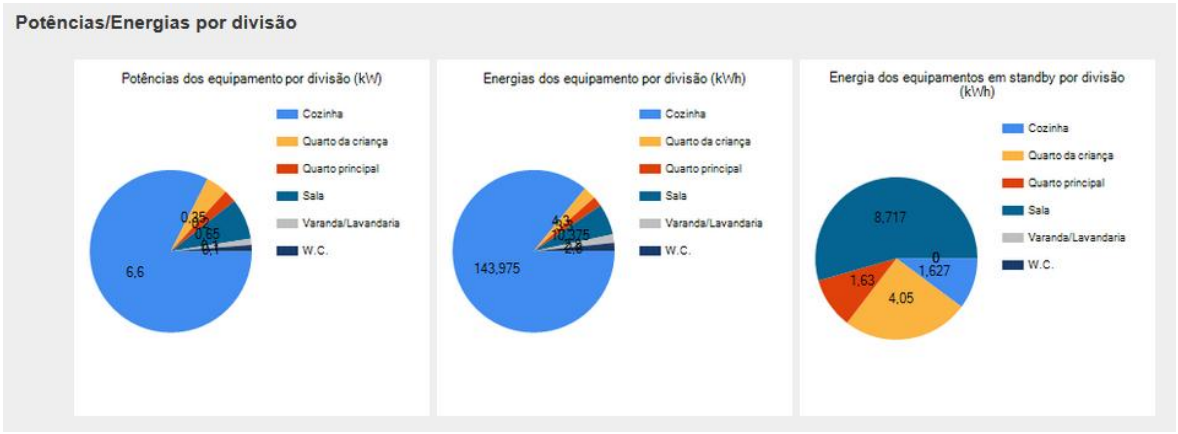


Figura 3-18 – Potências e energias por divisão.

Após obtermos todos os dados que refletem as potências e períodos de consumo dos equipamentos de uso final numa base mensal, definiu-se um período de simulação, figura 3-19. Relembrando que a escolha deste mesmo período terá um impacto importante devido ao peso que se atribui a cada período horário em função da estação do ano.

Nesta simulação, para a tarifa escolhida, verificamos que o custo global é aproximadamente de 116,66 €, e visto que a simulação foi do princípio ao fim do mês a base é mensal. Outras considerações, tais como o custo de energia em *standby*, que nesta simulação atinge valores de 10€, podem ser verificadas nesta plataforma. Podemos também verificar que a potência de ponta e a potência instalada para esta simulação ainda são consideráveis.

Esta informação é de extrema importância para o utilizador pelo facto destas mesmas potências o condicionarem na escolha de tarifas e demonstra que deverá fazer melhores escolhas nos equipamentos a incluir ou substituir na sua habitação.

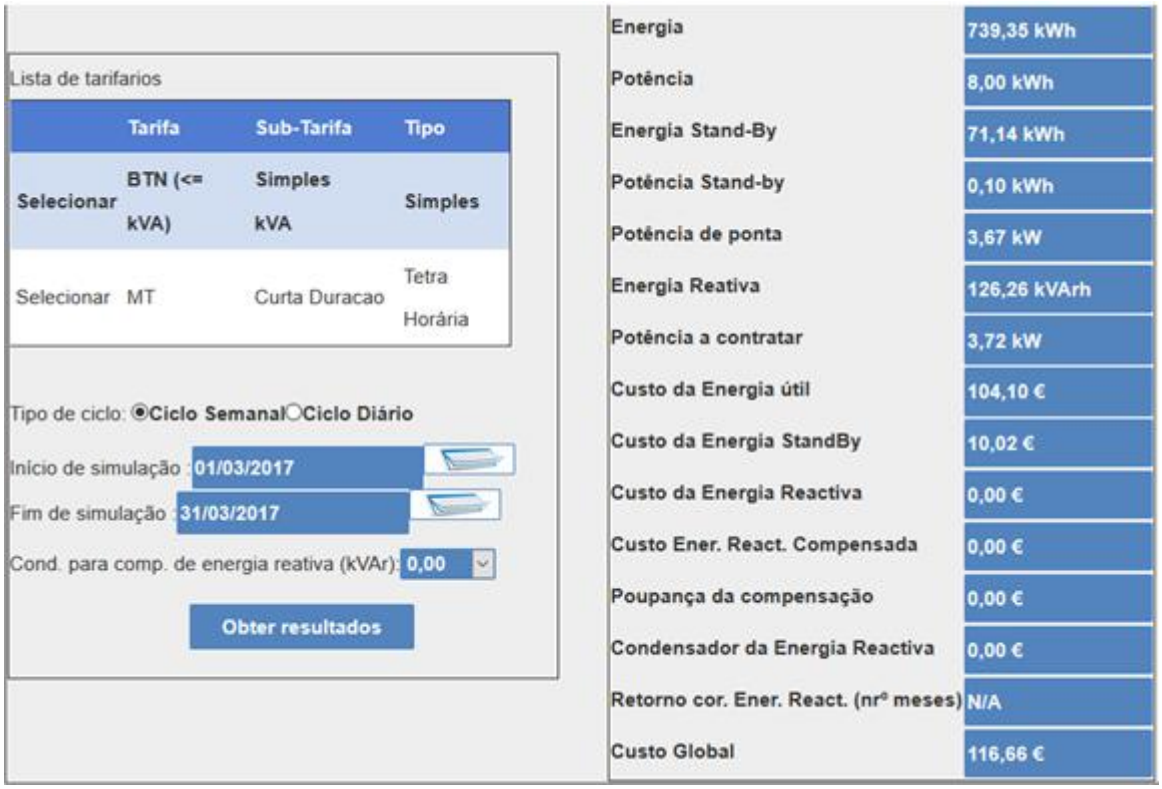


Figura 3-19 – Resultados energéticos e financeiros da simulação realizada.

3.11. Equipamentos de uso final em horas de ponta

Para famílias que optam por tratar da roupa e loiça de cozinha durante o dia, para beneficiar da presença de uma profissional que os auxilia nos ditos serviços, é normal o aparecimento de altos consumos as horas de ponta. Esta situação é retratada através da inserção dos mesmos, como se pode ver nas figuras 3-20 a 24.

Figura 3-20 – Inserção de equipamentos de uso final na lavandaria

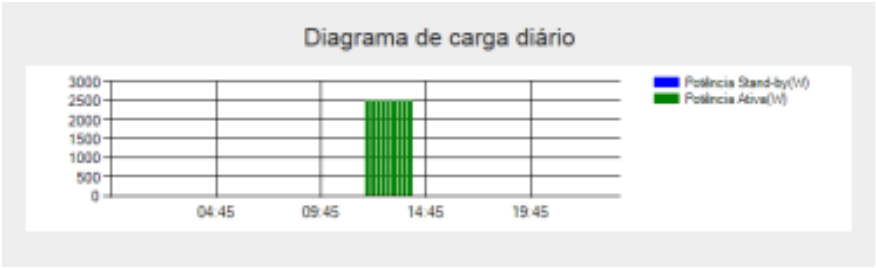


Figura 3-21 – Utilização de equipamento de uso final em períodos de ponta

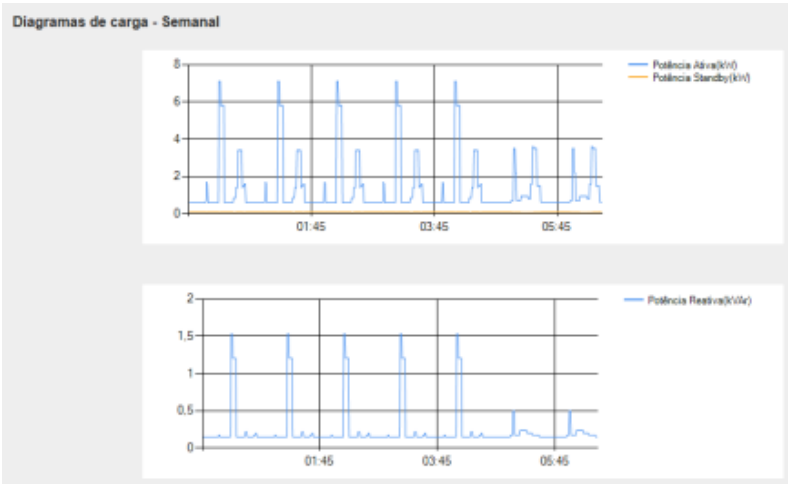


Figura 3-22 – Diagrama de carga após a inserção de equipamentos na lavandaria

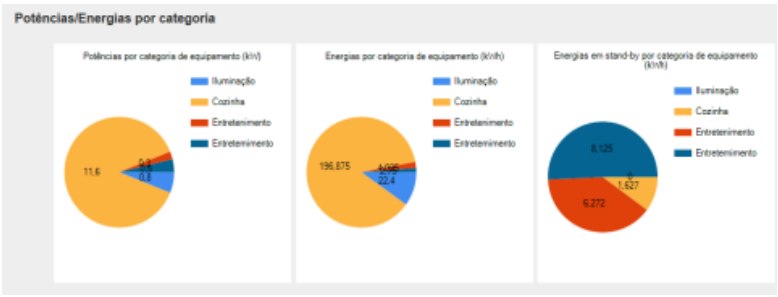


Figura 3-23 – Repartição das potências e energias por categoria

Figura 3-24 – Repartição das potências e energias por divisão

A alteração tem um impacto muito relevante nos custos finais, como se pode ver na figura 3-25.

Potência	13,20 kW
Energia Stand-By	70,94 kWh
Potência Stand-by	0,10 kW
Potência de ponta	7,19 kW
Energia Reativa	178,90 kVArh
Potência a contratar	7,19 kW
Custo da Energia útil	140,78 €
Custo da Energia StandBy	9,99 €
Custo da Energia Reactiva	0,00 €
Custo Ener. React. Compensada	0,00 €
Poupança da compensação	0,00 €
Condensador da Energia Reactiva	0,00 €
Retorno cor. Ener. React. (nr° meses)	N/A
Custo Global	153,31 €

Figura 3-25 - Elevação do custo inicial de 116.66€ para 153,31€

3.12. Mudança para tarifa mais rentável

Sabendo que existem tarifas que apelam ao consumo em períodos de menos afluência, os ditos períodos de vazio, através de preços mais baixos nestes mesmos períodos, simulou-se esta situação. Para melhor aproveitar este possível ganho os dois equipamentos da lavandaria foram afetos a um período de vazio, figura 3-26.

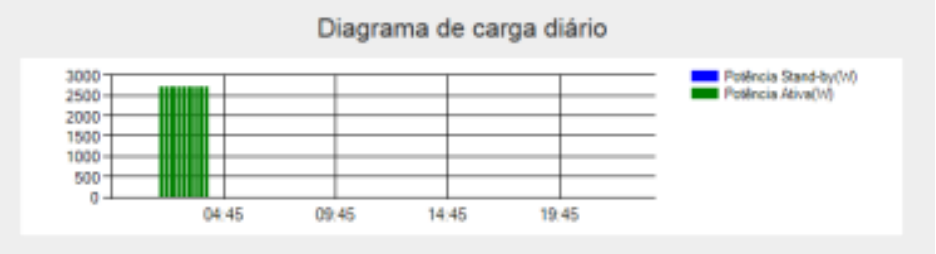


Figura 3-26 - Utilização de equipamento de uso final em períodos de vazio

Os ganhos alcançados podem ser vistos na figura 3-27, onde se realça uma diferença de 60 € / mês comparativamente à situação inicial, lembrando que não houve substituição de nenhum equipamento, apenas o uso das funções de temporização existentes nos mesmos para que possam arrancar nos períodos já citados.

Potência	13,20 kW
Energia Stand-By	70,94 kWh
Potência Stand-by	0,10 kW
Potência de ponta	5,90 kW
Energia Reativa	178,90 kVArh
Potência a contratar	6,14 kW
Custo da Energia útil	82,93 €
Custo da Energia StandBy	6,45 €
Custo da Energia Reactiva	0,00 €
Custo Ener. React. Compensada	0,00 €
Poupança da compensação	0,00 €
Condensador da Energia Reactiva	0,00 €
Retorno cor. Ener. React. (nr° meses)	N/A
Custo Global	91,93 €

Figura 3-27 – Diminuição do custo inicial mensal de 153.31€ para 91.93€

3.13. Inserção de equipamentos eficientes

Uma maneira de se atingir uma boa eficiência energética é na escolha dos equipamentos de uso final, pelo facto de quanto mais alta for a classificação de eficiência energética menor será a sua contribuição nos custos energéticos finais (Figura 3-28).

Base de dados equipamentos

	Nrº	Equipamento	Potência (W)	Pot. Stand-by (W)	F. P.	Categoria
Selecionar	19	Box da Televisão	20	20	9,97	Entretenimento
Selecionar	20	Maq de lavar loiça	2700	0	0,98	Cozinha
Selecionar	21	Maq de lavar roupa	2500	0	0,98	Cozinha
Selecionar	**22**	**Maq de lavar loiça a+++**	**1700**	**0**	**0,98**	**Cozinha**
Selecionar	23	Maq de lavar roupa a+++	1500	0	0,98	Cozinha

12

Figura 3-28 – Equipamentos de uso final de classe energética A

Para melhoria dos resultados alcançados no ponto anterior, fez-se a substituição das duas máquinas da lavandaria por outras mais eficientes, resultado na poupança de 4 € / mês de custo. A melhoria em termos de custo da simulação podem ser vistos na figura 3-29.

Potência Stand-by	0,10 kW
Potência de ponta	3,90 kW
Energia Reativa	158,81 kVArh
Potência a contratar	5,21 kW
Custo da Energia útil	78,97 €
Custo da Energia StandBy	6,45 €
Custo da Energia Reactiva	0,00 €
Custo Ener. React. Compensada	0,00 €
Poupança da compensação	0,00 €
Condensador da Energia Reactiva	0,00 €
Retorno cor. Ener. React. (nrº meses)	N/A
Custo Global	87,97 €

Figura 3-29 - Diminuição do custo inicial mensal de 91.93€ para 87.97€

Capítulo 4 Conclusões

4.1. Obtenção de resultados com o *software* desenvolvido

A exatidão deste *software* foi testada por intermédio de ficheiros de auditoria energética cedidos e analisados no âmbito de outras disciplinas com o recurso a ficheiros Excel. **[12]** Estes mesmos dados foram inseridos na plataforma, foram auferidos e comparados os resultados dos dois. Realçam-se algumas pequenas e irrelevantes diferenças a nível de valores decimais em alguns cálculos, originados por arredondamentos ou troca de valores entre *arrays*.

Descrevendo exaustivamente o uso dado a habitação por parte da família, podemos saber as otimizações que poderão ser tomadas para a diminuição dos custos energéticos.

Neste caso em particular podemos observar que a potência contratada pela família tem um valor superior as reais necessidades de potência da habitação, o facto de termos vários equipamentos levou à família a ter a perceção errada desta necessidade, ignorando a simultaneidade do uso dos mesmos.

Pelo facto de nem sempre usarmos todos os equipamentos ao mesmo tempo a potência de ponta não atinge um valor próximo a potência contratada (Figura 4-1).

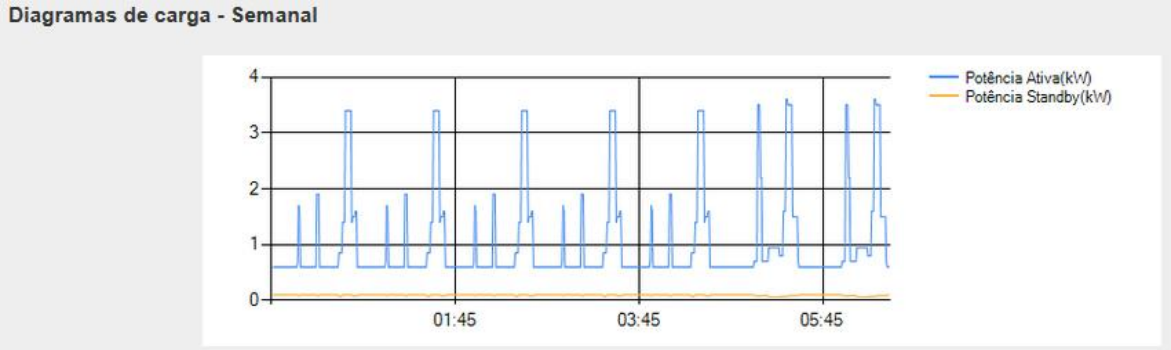


Figura 4-1 – Diagrama de carga semanal

Nesta simulação podemos verificar que existe uma parte ainda significativa de equipamentos que consomem energia no seu estado *standby, figura 4-2.* Este é um consumo que muitas das vezes é esquecido pela sua insignificância a nível de potência mas que normalmente tem várias horas associadas ao mesmo.

Figura 4-2 – Energia consumida por equipamentos em modo Stand-by.

Custo da Energia StandBy	10,02 €
Custo Global	116,66 €

Figura 4-3 – Comparação entre o custo global/mês da simulação e a componente stand-by.

A família terá de ter atenção aos equipamentos que a produzem, desligando-os das respetivas tomadas sempre que possível ou optando por relés ou fichas inteligentes com a possibilidade de desconectar completamente as cargas. Esta estratégia tem um impacto direto e imediato na fatura mensal, de acordo aos resultados obtidos na simulação realizada (Figura 4-3). A escolha de tarifas menos onerosas em situações de vazio e a deslocação dos consumos para estes períodos constitui uma estratégia de rápida implementação, rápidos resultados, alto benefício e diminuição considerável dos gastos energéticos. Outras opções a serem tomadas, não no imediato, é a compra de equipamentos mais eficientes aquando a avaria de algum equipamento presente na habitação, ou caso se esteja na fase de projetos, optar pelos mesmos.

4.2. Considerações finais

Realizada a dissertação e cumprindo com os objetivos aos quais me comprometi, sinto que aprofundei os meus conhecimentos no que toca aos consumos de energia elétrica em edifícios, seus métodos de estimativa e suas características.

Considero que esta plataforma é muito útil para a consciencialização de que a usa dos gastos inerentes ao uso de energia elétrica e para a tomada de decisões que levem a melhores escolhas de tarifas energéticas. Primei sempre pela simplicidade e por uma aparência intuitiva das várias interfaces gráficas criadas para que o uso da plataforma não seja meramente académico mas acessível a qualquer pessoa que deseja obter um “raio-x” da sua instalação.

Espero que esta plataforma impacte o modo de vida das pessoas, que contribua para uma redução dos consumos e custos com a energia elétrica.

Estas poupanças, decorrentes da utilização da plataforma para simular desvios de consumo, surgirão por intermédio de constatações de oportunidades de aproveitamento de horas mais rentáveis e também pelo suporte à escolha de equipamentos de um grau de eficiência energética maior, que por simulação poderemos ver o seu impacto.

Tive em mente desde o princípio, de criar opções de inserção de tarifário que sejam facilmente aplicáveis a outras realidades, com a aplicação de outras moedas nomeadamente o Kuanza, como se sabe a temática da energia elétrica é um problema para o meu país “Angola” devido aos vários problemas na nossa rede de distribuição elétrica e à nossa capacidade de geração de energia que por vezes suplanta a procura, provocando apagões. O contributo de cada cidadão, cada utilizador da plataforma, será importante para a redução da procura e por consequência para a redução de situações de *shutdown* elétrico.

Capítulo 5 Bibliografia

[1] http://www.degreedays.net/introduction

[2] Energy Conservation Modeling, Frank Pierce ,April 27th2011

[3] http://www.degreedays.net/regression-analysis

[4] http://paginas.fe.up.pt/~em00003/Centro/BIN.htm

[5] http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/

[6] http://www.doe2.com/equest/

[7] http://doe2.com/DOE2/index.html

[8] Energy Calculations,Dr. Sam C M Hui, Department of Mechanical Engineering,The University of Hong Kong

[9] https://www.edp.com/

[10] www.deco.proteste.pt

[11] www.erse.pt/

[12] www.est.ips.pt/, GESTÃO DE ENERGIA ELETRICA, José Sousa, EST SETUBAL

[13] http://microsoft-visual-basic-2010-express.software.informer.com/10.0/

[14] BEGINNING ASP NET 4 C VB, SPAANJARS (Autor), Edição em Inglês - Wrox

[15] ASP.NET 4.5, Luís Abreu (Autor), FCA - março de 2013

[16] Introdução à Programação em Visual Basic 2010, LOPES, ANTONIO GAMEIRO (Autor)

Anexos

Anexo 1 - *Software* de simulação energética.

O fluxograma que se segue representa a estrutura típica de um *software* de simulação energética.

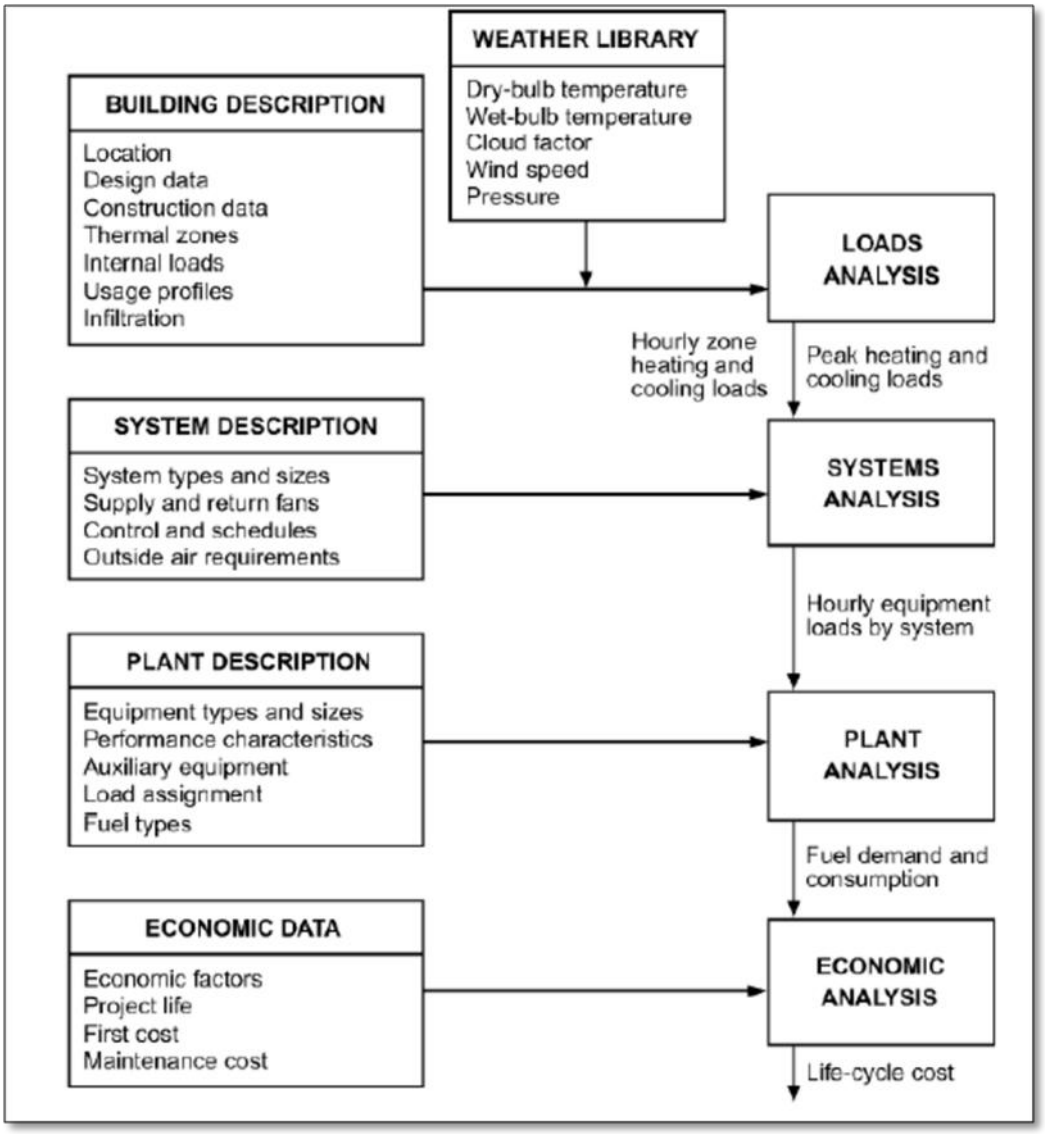


Figura 4-4 – Fluxograma de um software de simulação energética.

Anexo 2 - Ficheiros auditoria

Neste anexo está contida uma ilustração do formato a ser cumprido pelo ficheiro de auditoria Excel para que o mesmo possa ser carregado na plataforma.

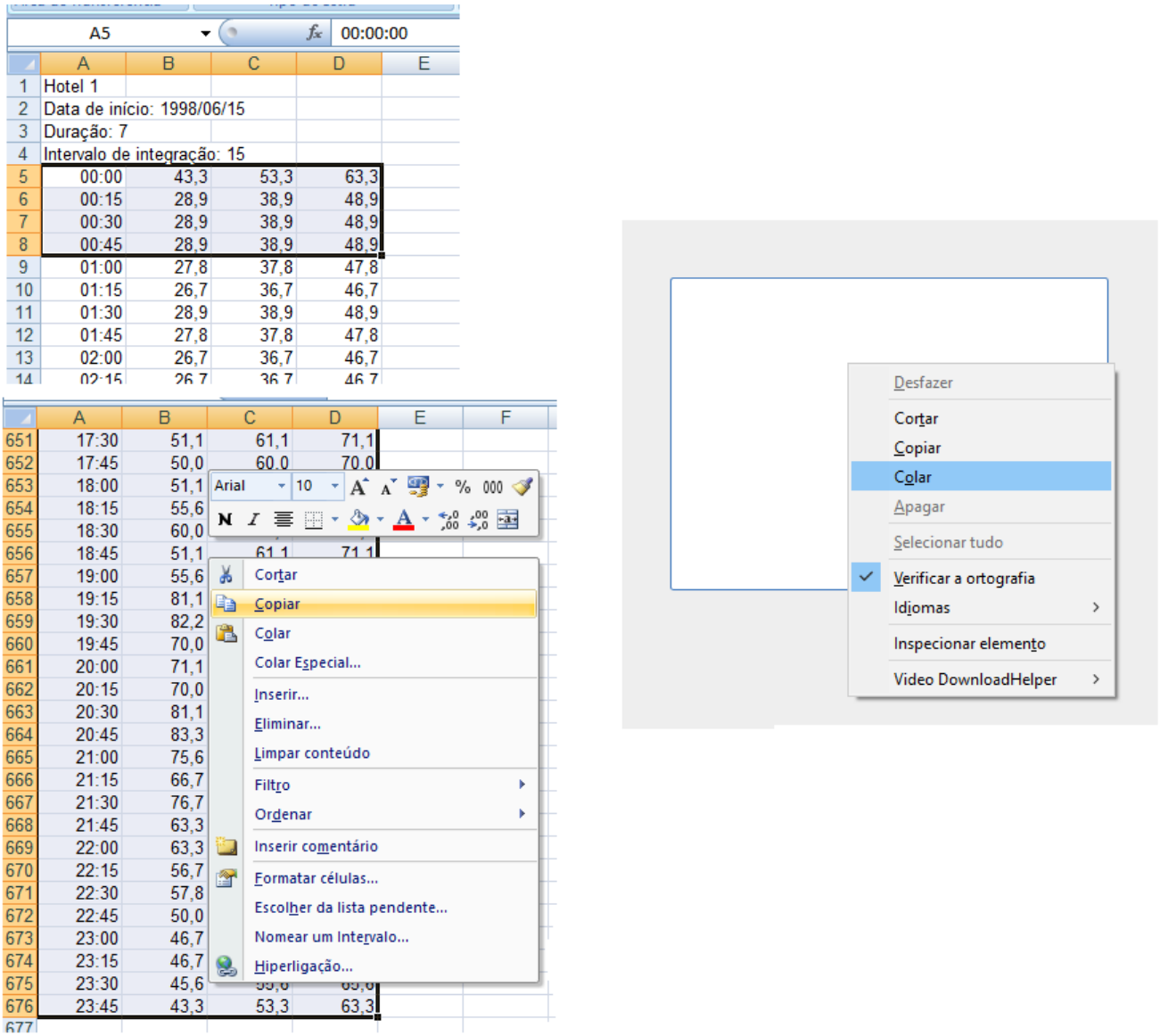


Figura 4-5 –Formato a obdecer para inserção de ficheiros auditoria.

Anexo 3 - Leituras e escritas à base de dados

Nos exemplos abaixo pode-se verificar que para efeitos de comunicação com uma base de dados SQL e realizações de operações de leitura e escrita é necessário:

- Um objeto do tipo SQLConnection, cujos parâmetros de inicialização contêm o tipo de fonte de dados e o seu caminho.
- Um objeto do tipo SqlDataReade, para execução de leituras a base de dados
- Um objeto do tipo SQLCommand, para execução de comandos SQL

```
Dim cn As New SqlConnection("Data Source=(LocalDB)\v11.0;" &
"AttachDbFilename=C:\Users\Mauro\Desktop\Tese Mauro
Galiano\TeseWebSite\App_Data\Database.mdf;" & "Integrated Security=True")

Dim cmd As New SqlCommand
Dim dr As SqlDataReader

Private Function UserLogin(Un As String, Pw As String) As Boolean

        Dim result As String
        Dim DbUsername As String
        Dim DbPassword As String

        cn.Open()
        cmd = New SqlCommand("SELECT [Username],[Password] FROM [PasswordsTable]", cn)

        dr = cmd.ExecuteReader()

        While (dr.Read())
            DbUsername = dr(0)
            DbPassword = dr(1)

            If DbUsername.Equals(Un) And DbPassword.Equals(Pw) Then

                cn.Close()
                Return True

            End If
        End While

        cn.Close()
```

Anexo 4 - Equipamentos de uso final

Na tabela contida neste anexo podemos ver alguns valores de referência de potência de equipamentos de uso final.

Eletrodomésticos	Potencia Média (Watts)	Numero de dias de uso/mês	Tempo médio de uso por dia	Consumo Mensal (kwh)
Ar-Condicionado	4000	30	2 horas	240
*Freezer	400	30	10 horas	120
*Geladeira	200	30	10 horas	60
Torneira Elétrica	3500	30	30 minutos	52,5
Secadora de Roupas	3500	12	1 hora	42
Lava-Louça	1500	30	40 minutos	30
Cafeteira Elétrica	1000	30	30 minutos	15
Computador	250	30	2 horas	15
Forno a resistência	1500	20	30 minutos	15
Lâmpada Incandescente	100	30	5 horas	15
**Chuveiro Elétrico	3500	30	8 minutos	14
TV	90	30	5 horas	13,5
Forno Microondas	1300	30	20 minutos	13
Ferro Elétrico	1000	12	1 hora	12
Ventilador	100	30	4 horas	12
Lavadora de Roupas	1500	12	30 minutos	9
Rádio-Relógio	8	30	24 horas	5,76
Aspirador de Pó	1000	15	20 minutos	5
Torradeira	800	30	10 minutos	4
Secador de Cabelo	700	10	30 minutos	3,5
Secretária Eletrônica	4	30	24 horas	2,88
Videocassete	25	15	2 horas	0,75
Aparelho de Som	20	15	2 horas	0,6
Fonte: Light Serviços de Eletricidade S/A				
* O tempo médio de 10 horas diárias p/ geladeira e freezer refere-se ao período em que o compressor fica ligado p/manter o interior na temperatura desejada.				
** Considerando um banho diário de oito minutos.				
:: Para saber o consumo em quilowatts/hora de seus eletrodomésticos verifique qual a potencia de cada um deles em watts(W), divida por 1000 e multiplique pelo numero de dias e pelo tempo médio de uso diário.				

Figura 4-6 – Potências típicas de alguns equipamentos de uso final presente em habitações, [Fonte , http://www.eletricazan.com.br/material/eletrodomesticos.pdf,2013]