

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Efeito da mudança de hora legal no consumo de
energia elétrica**

Miguel Ângelo Santos Ferreira

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: José Nuno Moura Marques Fidalgo

31-07-2024

© Autor, 2024

Resumo

Desde a introdução da Hora de Verão, no ano de 1981, na altura criada pela denominada Comunidade Económica Europeia, e até hoje, a escolha da Hora Legal tem-se mantido por decisão dos Estados Membros. Este documento analisa os argumentos a favor e contra a mudança da Hora Legal, pretendendo assim contribuir para o esclarecimento sobre o que seria mais benéfico, tanto para a sociedade como para a economia.

Diversos autores, que abordam este tema, apresentam opiniões completamente distintas, o que evidencia que se trata de um tema sensível e controverso. Alguns consideram a opção de não mudança de hora é a mais proveitosa no que diz respeito a eficiência energética, enquanto outros defendem a incorporação do horário de verão.

O principal objetivo deste estudo é analisar estas opções através da quantificação dos consumos associados à iluminação e à climatização, assumidos aqui com os consumos mais dependentes da coordenação entre o ciclo solar e a hora adotada. No final, pretende-se concluir se é mais vantajoso adotar o horário de verão, ou, pelo contrário, se é preferível continuar com o mesmo horário durante todo o ano.

A metodologia do trabalho foi iniciada com uma revisão bibliográfica análise de estudos e artigos existentes sobre o impacto da Hora de Verão em diversos aspetos, como economia de energia, saúde pública e produtividade. Além disso, são também identificados os países que adotam ou não o horário de verão, assim como os hábitos dos cidadãos de 20 países no que diz respeito a hora de acordar, hora de deitar e duração média do sono. Esta análise permitiu perceber a diversidade de hábitos e contribuiu para a definição dos parâmetros considerados neste estudo, nomeadamente os períodos típicos de utilização da energia elétrica pelos consumidores domésticos. Numa segunda parte, foram realizados diversos estudos incidindo sobre a conformidade entre os ciclos solar e de consumo, baseados em dados reais para caracterização da luminosidade e da temperatura ambiente.

Em termos gerais, concluiu-se que em termos de aproveitamento da luminosidade solar, existe uma pequena vantagem (entre 2 e 7%) a favor da manutenção da mudança da hora. Em termos de climatização, a conclusão foi no sentido contrário, ou seja, a mudança da hora aumenta marginalmente o consumo ($\approx 2\%$) comparativamente à alternativa.

Os estudos sobre a “hora ideal”, sem mudança de hora mostraram que a situação que aparentemente levaria à melhor adaptação ao ciclo solar, em termos de poupança de energia elétrica, seria adiantar a hora em 60 min . Seria o melhor caso no que a poupança de energia elétrica diz respeito, apesar de não representar uma poupança substancial.

O último estudo, sobre a adequação duma hora comum em todo o espaço da União Europeia mostrou que, sob o ponto de vista energético, não é racional manter uma hora comum adaptada a todos os países.

Abstract

Since the introduction of Summer Time in 1981, at the time created by the so-called European Economic Community, and to this day, the choice of Summer Time has changed by decision of the Member States. This document analyzes the arguments for and against changing the Legal Time, aiming to contribute to clarifying what would be most beneficial, both for society and for the economy.

This report will also expose the countries that do or do not adopt daylight saving time, as well as the habits of citizens from 20 countries regarding wake-up time, bedtime and average sleep duration. This analysis allowed us to understand the diversity of habits and contributed to the definition of the parameters considered in this study, namely the typical periods of electricity use by domestic consumers.

A lot of authors who address this topic present completely different opinions, which shows that it is a sensitive topic. Some consider the option of not changing the time to be the most beneficial and not related to energy efficiency, while others advocate the incorporation of daylight saving time. The main objective is to analyze these options by quantifying the consumption associated with lighting and air conditioning, reinforced here with the consumption most dependent on the improvement between the solar cycle and the time applied. In the end, I intend to conclude whether it is more advantageous to incorporate daylight saving time, or continue with the same time throughout the year.

The work methodology began with a bibliographical review, analysis of existing studies and articles on the impact of Summer Time on various aspects, such as energy savings, public health and productivity. In a second part, several studies were carried out focusing on the conformity between solar and consumption cycles, based on real data to characterize luminosity and ambient temperature. In general terms, it was concluded that in terms of making use of solar luminosity, there is a marginal advantage ($< 7\%$) in favor of maintaining the time change. In

terms of air conditioning, the conclusion was in the opposite direction, that is, changing the time marginally increases consumption ($\approx 2\%$) compared to the alternative.

Studies on the “ideal time” showed that the situation that would apparently lead to the best adaptation to the solar cycle, in terms of saving electricity, would be to advance the time by 60 minutes, despite being at a low value, it would be the best case. as far as electrical energy savings are concerned

The latest study on the adequacy of a common time throughout the European Union showed that, from an energy point of view, it is not rational to maintain a common time adapted to all countries.

Agradecimentos

A escrita desta dissertação teve apoios de relevância, que sem eles não seria possível.

Ao professor José Nuno Moura Marques Fidalgo, pela orientação deste trabalho, assim como a sua total disponibilidade. Por todas as horas em reunião, e pelas suas opiniões, esclarecimento de dúvidas.

Aos meus pais, avós, tios, primos, namorada, amigos, e ainda colegas de faculdade, por todo o apoio em todo este percurso.

Índice

Resumo	iii
Abstract	v
Agradecimentos	viii
Índice	x
Lista de figuras.....	xii
Lista de tabelas	xiv
Abreviaturas e Símbolos.....	xv
Capítulo 1	16
Introdução.....	16
Motivação e Objetivos	16
Argumentos a favor	17
Argumentos Contra.....	18
Hábitos em Portugal	19
Horário de Verão no Mundo.....	20
Hábitos de sono.....	22
Capítulo 2	24

Metodologia	24
Dados	25
Capítulo 3	27
Estudos e resultados.....	27
3.1 Fase preparatória.....	27
3.2 Impacto da HdV no consumo com iluminação	29
Caso 1.....	30
Caso 2.....	30
Caso 3.....	31
3.3 Pesquisando a hora legal ideal	32
1. Adiantar a hora 15 minutos	32
2. Adiantar a hora 30 minutos	32
3. Adiantar a hora 45 minutos	32
4. Adiantar a hora 60 minutos	32
5. Atrasar a hora 15 minutos.....	32
3.4 Impacto da HdV no consumo com climatização	33
3.5 Hora legal comum na Europa	35
Capítulo 4	38
Síntese e conclusões	38
Referências	39

Lista de figuras

Figura 1 - Duração média das deslocações diárias em Portugal	19
Figura 2 - Mapa Mundo onde é utilizado o horário de verão	20
Figura 3 - Hábitos em 20 Países do Mundo	22
Figura 4 - Coordenadas Lisboa.....	27
Figura 5 - 15 dias Janeiro 2023 Nascer e Pôr do sol	28
Figura 6 - Excel perfis de microprodução (extrato)	29
Figura 7 - Perfil típico da microprodução durante um dia	30
Figura 8 - Horas em que a iluminação é necessária, com ou sem mudança de hora	31
Figura 9 - Hora legal ideal, horas necessárias iluminação com deslocamento da hora	33
Figura 10 - Horas que é necessário ligar aquecimento com ou sem mudança de hora	34
Figura 11 - Horas que é necessário ligar ar condicionado com ou sem mudança de hora	35

Lista de tabelas

Tabela 1 - Número de Horas de sono recomendado pela National Sleep Foundation por faixa etária.....	20
Tabela 2 - Número de países que adotam o horário de verão	6
Tabela 3 - Número de horas em que é necessário utilizar energia elétrica para iluminação ..	30
Tabela 4 - Estimativa do número de horas que é necessário ligar aquecimento entre 2010 e 2020	33
Tabela 5 - Horas que é necessário ligar ar condicionado entre 2010 e 2020.....	34

Abreviaturas e Símbolos

HdV	Hora de Verão
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
UE	União Europeia
UTC	Tempo Universal Coordenado
GMT	Greenwich Mean Time

Capítulo 1

Introdução

Nos últimos anos a questão da Hora Legal é uma questão que cada vez mais se tem ouvido falar tanto nos media, como em estudos relativos sobre as vantagens e desvantagens da mudança ou não para a Hora de Verão (HdV) [1][2][3]. Foi após a criação da Comunidade Económica Europeia que os países deixaram de escolher individualmente se querem ter ou não Hora de Verão e passou a haver uma data comum de início do período da HdV, no último domingo de março, que ficou estipulado na Primeira Diretiva do Conselho, que entrou em vigor em 1981 (Primeira Diretiva do Conselho 80/737/EEC de 22 julho de 1980) [4][5]. Este documento não referia o problema das diferentes datas de saída da HdV, nos diversos países. De 5 em 5 anos uma Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho faz a marcação das datas de mudança da hora. Isto acontece para ser alterada a hora em todos os países no mesmo instante. Desta forma, é considerado para a mudança da hora, o último domingo de março, quando se adianta 1 hora, e no último domingo de outubro que se atrasa 1 hora. Em março, quando se atinge a hora 01:00, os relógios devem ser adiantados para as 02:00. Em outubro, quando se atinge (pela primeira vez) a hora 02:00, os relógios devem retornar à hora 01:00.

Motivação e Objetivos

Tal como já foi dito anteriormente, este é um tema que gera muito debate e levanta muitas questões. A atualidade deste tema foi uma das razões principais que motivou a investigação deste tema, de modo a satisfazer a curiosidade e encontrar argumentos convincentes sobre este assunto. A pesquisa bibliográfica mostra que ambas as hipóteses (adoção ou não da HdV)

têm aspetos a favor e contra, relativos a diferentes setores, como aspetos físicos, aspetos sociais, aspetos económicos, entre outros.

O principal objetivo desta primeira fase do trabalho é analisar os argumentos a favor e contra a adoção da HdV, e analisar o seu impacto sobre o ponto de vista de consumo de energia elétrica.

Assim, esta dissertação procura responder às seguintes *research questions*:

- Vale a pena a mudança de hora em termos de poupança de energia elétrica?
- Não existindo mudança de hora, qual seria a hora ideal para o caso de Portugal continental?
- Faz sentido em termos de poupança energética toda a Europa adotar a mesma hora?

Esta dissertação aborda este tema, incidindo, em particular, no caso de Portugal continental.

O debate da incorporação do horário de verão que muitos países adotam, sendo isto a adição de mais uma hora no tempo de verão para aproveitar melhor a luz do dia, e retrocedendo uma hora em outubro. No entanto, suscita tanto argumentos a favor como contra, o que vão ser apresentados de seguida:

Argumentos a favor

Como principal argumento a favor da mudança da hora, temos o facto do maior aproveitamento de luz solar, ou seja, no verão o sol iria nascer às 5h da manhã, como no inverno o sol iria nascer por volta das 9h [6].

Argumenta-se frequentemente que a mudança da hora proporciona poupanças consideráveis de energia, assim como haver um horário único na União Europeia para facilitar a organização dos transportes.

Para Michael Downing, professor da Universidade de Tufts, em Boston, a real intenção do adiantamento dos horários é o negócio das companhias petrolíferas e das lojas de shopping, porque "as pessoas saem mais cedo do trabalho e vão às compras. E não vão a andar. Vão de carro" [7].

Outro ponto positivo é o facto de ao haver mais horas de luz do dia, durante os períodos com mais tráfego automóvel, estudos indicam que há uma diminuição de colisões e atropelamentos.

Uma grande vantagem, surge do facto de ao haver mais tempo de exposição solar, por norma melhora o bem estar geral, tendo como consequência positiva o facto de as pessoas praticarem mais atividades ao ar livre o que irá beneficiar tanto a saúde física como mental.

O facto de haver maior exposição solar trará benefícios no que à síntese de vitamina D diz respeito. Para além disso, a luz natural auxilia na regulação do ciclo cardiano, que faz com que seja melhorados os padrões de sono e de humor.

Argumentos Contra

No que diz respeito a argumentos contra as alterações provocadas ao nível dos ritmos biológicos e do sono, como o caso de pessoas com maior idade, pessoas com problema de sono e ainda pessoas imunodeprimidas. Outro argumento é o aproveitamento que não é otimizado do ciclo solar tendo como principal consequência o desperdício de energia.

A alteração abrupta no relógio biológico dos cidadãos aumenta em cerca de 8,5% a incidência de enfartes, aponta estudo do professor Weily Toro Machado, da Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat), com o título “Daylight Saving Time and incidence of Myocardial Infarction: Evidence from a regression discontinuity design”, publicado na Revista Economics Letters em 2015 [8].

Outro setor que tem um grande desafio é o setor logístico, que ao operar internacionalmente, poderá ter complicações com a coordenação e planeamento dos diferentes transportes.

Segundo a revista TecMundo [9], a falta de sincronização de dispositivos eletrónicos com o horário de verão, pode ser uma porta de entrada para cibercriminosos, trazendo riscos à segurança de utilizadores e até de empresas, tendo em conta que a diferença de horário dificulta a identificação falhas de segurança.

No caso de profissões como a agricultura, que depende do ritmo natural da luz do dia, com a mudança de horário pode encontrar inconvenientes na adaptação. No caso de empresas que precisam de ajustar o horário manualmente, faz com que seja inconveniente e faça confusão com a população. Assim como ao nível da pecuária que os animais têm o seu próprio ritmo biológico e não se adaptam facilmente a mudanças.

Existem argumentos a favor e argumentos contra, no entanto não nos podemos basear apenas em aspetos económicos e energéticos, uma vez que existem alguns argumentos contra que devemos ter em atenção como o impacto na saúde e o bem-estar das pessoas. Deverão ser aspetos tidos em conta periodicamente para perceber se estão a ser tomadas as decisões mais vantajosas. Para diferentes regiões, podem ser adotadas diferentes medidas, uma vez que a solução mais eficaz para um local, não necessita de ser idêntico a outros locais. É, portanto, um assunto que merece a maior atenção constantemente para desta forma, melhor servir e com a maior eficácia tanto o bem estar da população como os interesses económicos, havendo assim um equilíbrio no ponto ideal.

Hábitos em Portugal

Em Portugal, os municípios que os cidadãos demoram mais tempo em média na deslocação para o trabalho são: Barreiro, Moita, Seixal, Almada e Sesimbra de acordo com dados da Pordata, que são baseados nos Censos. Nestes municípios demora-se em média entre 27 a 32 minutos na deslocação.

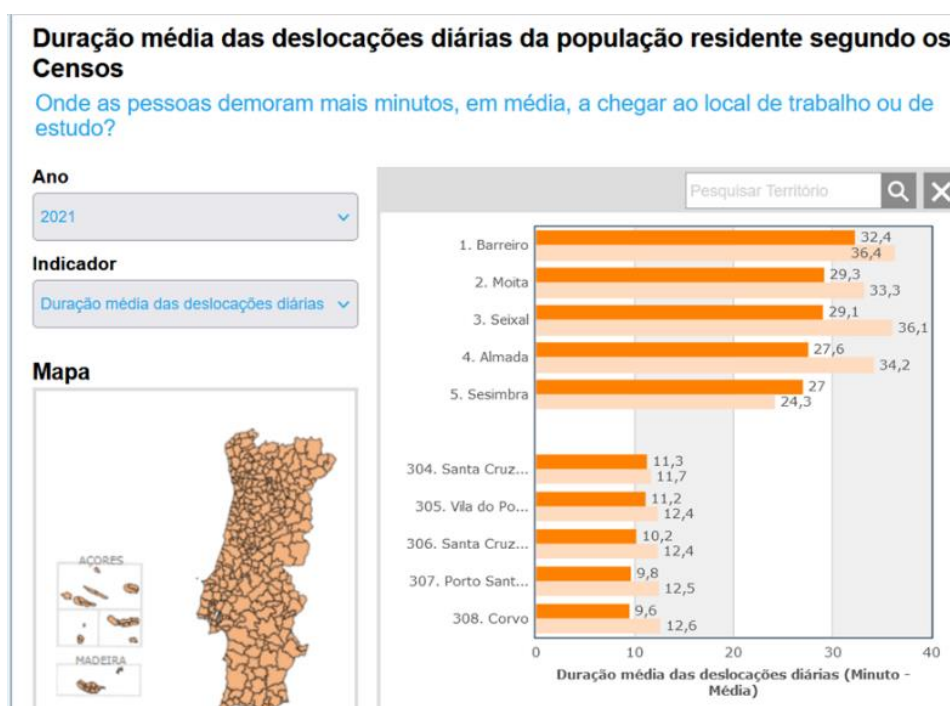


Figura 1 - Duração média das deslocações diárias em Portugal

No Corvo e Porto Santo é onde menos se demora, cerca de 10 minutos, provavelmente devido à pequena dimensão destas ilhas e, por outro lado, à baixa intensidade de trânsito.

Em 2021, o tempo de deslocação médio é de 19,90 minutos; em 2011 era cerca de 20,02 minutos; 2001 22,40 minutos e em 1991 era de 21,56 minutos. Esta diminuição do tempo de deslocação médio ao longo dos deve-se principalmente à melhoria tanto dos transportes, como das infraestruturas que foram criadas ao longo destes anos.

Relativamente ao sono, cerca de metade dos portugueses dorme menos de seis horas por noite, sendo assim Portugal um dos países da Europa onde menos se dorme. Isto deve-se ao facto de as pessoas começarem a trabalhar cedo e têm o hábito de ir para a cama tarde. Sendo as novas tecnologias um dos piores inimigos, uma vez que 17% dos portugueses usa telemóvel ou tablet na cama antes de adormecer e cerca de 31% vê televisão na cama.

Segundo a *National Sleep Foundation*, o número de horas de sono efetivo recomendado por faixa etária, está representado na tabela abaixo:

Tabela 1 - Número de Horas de sono recomendado pela National Sleep Foundation por faixa etária

Idade	Horas de Sono
0 a 3 meses	De 14 a 17 horas
4 a 11 meses	De 12 a 15 horas
1 a 2 anos	De 11 a 14 horas
3 a 5 anos	De 10 a 13 horas
6 a 13 anos	De 9 a 11 horas
14 a 17 anos	De 8 a 10 horas
18 a 64 anos	De 7 a 9 horas
Mais de 65 anos	De 7 a 8 horas

Horário de Verão no Mundo

Através da figura e da tabela seguintes podemos verificar que na maior parte dos países do Mundo (159) não é adotado o Horário de Verão. Notar que o problema da mudança de hora não se coloca nos países de baixa latitude.



Figura 2 - Mapa Mundo onde é utilizado o horário de verão

Adoção do Horário de Verão	Países
Países e territórios que não adotam o Horário de Verão	159
Países e territórios que adotam, pelo menos em parte, o Horário de Verão	81
Países e territórios que adotam o Horário de Verão em algum período do ano	73
Países e territórios que adotam o Horário de Verão apenas em parte do território	9

Tabela 2 - Número de países que adotam o horário de verão

Os países relativamente próximos do equador apresentam diferenças entre ciclos solares mais ténues entre as estações.

1. América:

- Nos Estados Unidos, varia de estado para estado, sendo que alguns adotam o horário de verão. O horário de verão começa no segundo domingo de março e termina no primeiro domingo de novembro.
- Relativamente ao Canadá, a província de Colúmbia Britânica e partes de Ontário e Quebec também adotam o horário de verão.
- Em relação à América do Sul no geral não é adotado, no entanto, em alguns países, como o Brasil, já adotaram o horário de verão em anos anteriores.

2. Europa:

- Muitos países europeus adotam o horário de verão. No entanto, a União Europeia decidiu abolir a mudança para o horário de verão a partir de 2021, colocando assim a decisão nos países membros de adotarem ou não o horário de verão.

3. Ásia:

- Alguns países asiáticos adotam o horário de verão, embora a prática não seja tão comum nesta região.
- Alguns países no Oriente Médio, como Israel, Turquia, adotam o horário de verão.

4. Oceânia:

- Na Austrália, algumas partes do país adotam o horário de verão, como as regiões do sul e do leste. Na Nova Zelândia, não existe horário de verão.

5. África:

- A maior parte dos países africanos não adota o horário de verão. Alguns países consideraram a mudança, no entanto é raro na região.

A adoção do Horário de Verão permite que, entre as 19 e as 20 horas, se disponha de claridade comparativamente à situação de não-mudança de hora, evitando assim, por exemplo, o incremento de custos de operação de centrais de energia elétrica.

Hábitos de sono

Os hábitos de sono são um componente crucial na análise e definição dos horários de trabalho, devido ao impacto direto que o sono tem na saúde, produtividade e bem-estar geral dos trabalhadores. *Neste trabalho, esta informação é utilizada para definir os horários de atividade das pessoas, ou seja, para especificar os ciclos de utilização da energia elétrica.*

No Mundo existem diferentes hábitos, mediante as culturas e a localização dos países, tal como podemos ver através da seguinte figura:

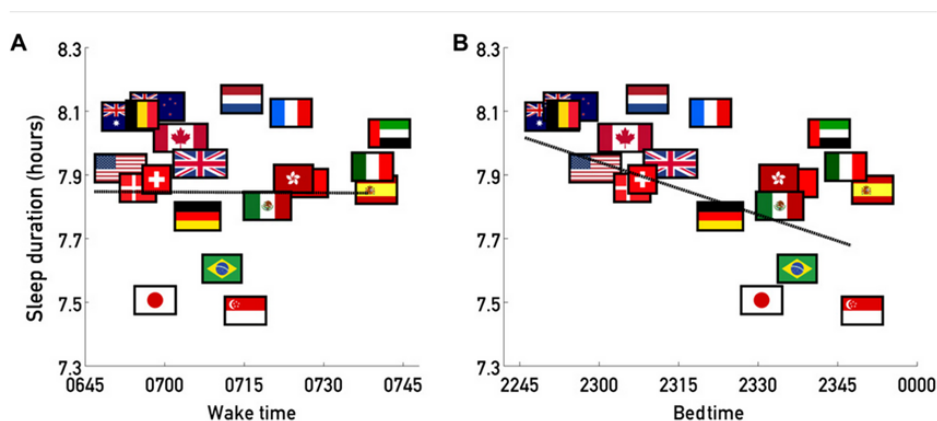


Figura 3 - Hábitos em 20 Países do Mundo

Na hora de acordar:

- Entre as 6h45 e 7h japoneses, norte-americanos, australianos e belgas.
- Entre as 7h e 7h15 canadenses e alemães
- Entre as 7h15 e 7h30 brasileiros
- Entre as 7h15 e 7h30 franceses, holandeses e mexicanos
- Entre as 7h30 e 7h45 italianos, espanhóis e árabes

Na hora de deitar:

- Entre as 22h45 e 23h australianos, belgas e norte-americanos
- Entre as 23h e 23h15 canadenses, ingleses e holandeses
- Entre as 23h15 e 23h30 franceses, japoneses e alemães
- Entre as 23h30 e 23h45 brasileiros, árabes e italianos

- Depois das 23h45 espanhóis e singapurenses

Estes dados mostram que os horários de deitar e de levantar são bastante semelhantes. Apesar disso, para efeitos de análise da adequação da hora legal à hora solar será sempre mais correto adotar os horários típicos de cada país e considerar a respetiva hora solar.

Capítulo 2

Metodologia

Para além da parte inicial dedicada à revisão bibliográfica, o desenvolvimento do trabalho inclui uma segunda parte de investigação e desenvolvimento. A abordagem a seguir nesta parte inclui os seguintes passos principais:

1. Aquisição dos horários de nascer e pôr-do-sol ao longo do ano e confrontação deste horário com o horário normal de trabalho em Portugal. Passos:
 - a. Criação de uma lista de todos os dias do ano com informação da hora do nascer e do pôr-do-sol em cada dia;
 - b. Parametrização dos intervalos diários de utilização da energia elétrica;
 - c. Identificação do ponto do globo através das coordenadas (latitude e longitude);
 - d. Criação de uma lista de todos os dias do ano com mudança de hora, definiu-se que a hora típica de acordar seria 7h30m e a hora de deitar 23h30m;
 - e. Confrontação destas horas com a lista ao longo do ano com a informação do nascer e por do sol, com vista a estimar os períodos de utilização da energia elétrica.
2. Repetição do ponto anterior, mas assumindo que não existe a mudança de Hora Legal.
3. Comparação dos *resultados* obtidos nos dois pontos anteriores. Pretende-se verificar se efetivamente a Hora Legal se encontra mais ajustada ao ciclo solar do que a hora UTC (Tempo Universal Coordenado). Os resultados obtidos em cada caso permitem comparar a quantidade de horas de utilização de energia elétrica para iluminação.

Nestas três primeiras fases, para efeito de estimação das necessidades energéticas, serão consideradas tanto as necessidades de iluminação como as de aquecimento. Este último ponto

requer a análise estatística de temperaturas horárias ao longo do ano. Para este efeito serão consideradas as temperaturas horárias ao longo de cinco anos.

Estes dois estudos (para confrontação dos consumos com iluminação e com climatização) foram baseados numa ferramenta, construída em Excel, que permite, por um lado, através das coordenadas geográficas de um ponto no globo, obter as informações necessárias relativamente ao nascer e pôr do sol longo do ano. Em seguida, após a parametrização dos horários de trabalho, esta ferramenta permite confrontar os horários de consumo energético (iluminação e aquecimento) com a hora legal adotada.

Num segundo tipo de estudo o objetivo é quantificar o eventual desajuste horário entre os países nos extremos da Europa. Pretende-se evidenciar que a adoção de uma hora comum a toda a União Europeia não estará bem adaptada em todos os países simultaneamente. Nesta análise serão utilizados os recursos desenvolvidos nos pontos anteriores, de modo a estimar o desajuste em diferentes pontos da União Europeia. Neste caso, apenas serão considerados os ciclos solares e os horários de trabalho, dada a dificuldade de obter séries detalhadas de temperatura para todos os países da União Europeia.

Uma última análise consiste em estimar, para o caso português, a Hora Legal Ideal tendo como premissa a minimização de consumos. Tal como a anterior, este passo usará as ferramentas desenvolvidas nos passos anteriores. O ponto ótimo (Hora Legal Ideal) será determinado por análise de sensibilidades, usando a ferramenta mencionada no ponto 3.

Dados

Na realização deste trabalho foram utilizados dados como:

- Informação sobre a hora do nascer e do pôr-do-sol, em cada dia do ano. Para este efeito foi utilizada uma Folha de Excel programada para, através da latitude e longitude de um ponto à escolha, calcular, para todos os dias do ano, a hora do nascer e do pôr do sol. Para o caso de Portugal, foram consideradas as coordenadas de Lisboa: latitude:38,74° e longitude: -9,14°;
- Folha de Excel com perfis de consumo, perfis de produção fotovoltaica e de autoconsumo a aplicar de 1 de janeiro de 2021 a 31 de dezembro de 2021. A informação mais relevante desta fonte é a relacionada com os perfis de produção fotovoltaica, dado que traduzem, de certo modo, a luminosidade típica ao longo do ano incorporando os efeitos da nebulosidade;
- Folha de Excel com valores das temperaturas médias a cada hora desde o ano de 2010 a 2020, o que permitiu verificar quando era necessário utilizar sistemas de climatização;

- A base de dados da Pordata [10], que tem como base números dos Censos de 2021, foi também utilizada para definir as horas em que a população estaria ativa, recorrendo a fatores como tempo médio de sono, hora média de acordar e ainda o tempo que em média a população demora a chegar ao trabalho.

Capítulo 3

Estudos e resultados

3.1 Fase preparatória

A fase inicial deste estudo inclui a preparação de vários ficheiros, necessários para o desenvolvimento dos estudos, nomeadamente:

- Preparação dum ficheiro Excel para definição da hora solar, em cada dia do ano de 2023, através das coordenadas geográficas de um ponto no globo, conseguimos ter as informações necessárias relativamente ao nascer e pôr do sol longo do ano, desta forma a ferramenta permite-nos relacionar o consumo energético com a hora legal adotada. Neste ponto, foi utilizado um ficheiro Excel da NOAA [11]. Com base nas coordenadas de Lisboa (latitude: 38,74° e longitude: -9,14°)

NOAA Solar Calculations - Change any of the highlighted cells to get solar position data for that location and time-of-day for a year.	
Latitude (+ to N)	38,74
Longitude (+ to E)	-9,14
Time Zone (+ to E)	0
Local Time (hrs)	17:34:00
Year	2023

Figura 4 - Coordenadas Lisboa

O Excel da NOAA foi o ponto de partida, mas em simultâneo foram utilizados perfis de geração que permitem uma melhor estimativa da luminosidade real, uma vez que o ciclo solar definido pela NOAA, não contempla a nebulosidade. No entanto, é um

critério bastante importante para se definirem os períodos de luminosidade útil ao longo do ano. Na figura seguinte podemos ver um extrato da folha de excel, onde podemos ver o horário com e mudança de hora; a hora de nascer e por do sol, a diferença entre o nascer do sol e a hora “típica” de acordar 7h30; e ainda a diferença entre o por do sol e a hora “típica” de deitar 23h30. O extrato é dos primeiros 15 dias do mês de julho de 2023.

Date	Sunrise Time (LST)	Diferença sunrise- acordar	Diferença		Sunset Time (LST)	Sunrise Time (LST) Com Mudança de Hora		Diferença		Sunset Time (LST) com Mudança de Hora
			sunrise- deitar	sunset- deitar		Diferença sunrise- acordar	Diferença sunset- deitar			
01/07/2023	5:15:29	00:00:00	3:24:35	20:05:25	6:15:29	00:00:00	2:24:35	21:05:25		
02/07/2023	5:15:59	00:00:00	3:24:42	20:05:18	6:15:59	00:00:00	2:24:42	21:05:18		
03/07/2023	5:16:29	00:00:00	3:24:50	20:05:10	6:16:29	00:00:00	2:24:50	21:05:10		
04/07/2023	5:17:01	00:00:00	3:25:00	20:05:00	6:17:01	00:00:00	2:25:00	21:05:00		
05/07/2023	5:17:34	00:00:00	3:25:12	20:04:48	6:17:34	00:00:00	2:25:12	21:04:48		
06/07/2023	5:18:08	00:00:00	3:25:26	20:04:34	6:18:08	00:00:00	2:25:26	21:04:34		
07/07/2023	5:18:44	00:00:00	3:25:42	20:04:18	6:18:44	00:00:00	2:25:42	21:04:18		
08/07/2023	5:19:21	00:00:00	3:26:00	20:04:00	6:19:21	00:00:00	2:26:00	21:04:00		
09/07/2023	5:19:58	00:00:00	3:26:20	20:03:40	6:19:58	00:00:00	2:26:20	21:03:40		
10/07/2023	5:20:37	00:00:00	3:26:42	20:03:18	6:20:37	00:00:00	2:26:42	21:03:18		
11/07/2023	5:21:17	00:00:00	3:27:05	20:02:55	6:21:17	00:00:00	2:27:05	21:02:55		
12/07/2023	5:21:58	00:00:00	3:27:30	20:02:30	6:21:58	00:00:00	2:27:30	21:02:30		
13/07/2023	5:22:39	00:00:00	3:27:58	20:02:02	6:22:39	00:00:00	2:27:58	21:02:02		
14/07/2023	5:23:22	00:00:00	3:28:27	20:01:33	6:23:22	00:00:00	2:28:27	21:01:33		
15/07/2023	5:24:06	00:00:00	3:28:58	20:01:02	6:24:06	00:00:00	2:28:58	21:01:02		

Figura 5 - 15 dias Julho 2023 Nascer e Pôr do sol

O primeiro estudo foi baseado neste ficheiro, o qual permite a confrontação da hora solar com a hora legal, permitindo assim contabilizar as horas em que é necessário utilizar a energia elétrica para iluminação.

Outros aspetos essenciais deste estudo:

- Foi utilizada a hora Solar no ano de 2023 utilizando como referência a latitude e longitude da cidade de Lisboa.
- Foi considerado como hábito médio dos cidadãos as 7h30m como o horário de levantar (início do período de utilização da energia elétrica) e as 23h30m hora de deitar (final do período de utilização da energia elétrica). Note-se que existem consumos a ocorrer mesmo durante a noite (frigorífico, TV, carregamento de telemóveis e laptops, aparelhos em standby, etc.). Neste estudo, procura-se comparar os tempos relativos de utilização da energia elétrica para iluminação e para climatização. Para este efeito, a abordagem (simplificada) parece adequada.
- No passo seguinte, foi contabilizado, durante um ano completo, o tempo total resultante da agregação das diferenças entre as 7h30 e a horas de nascer do sol e as 23h30m e as horas de pôr do sol, tanto para o horário com a mudança de hora como para o horário sem a mudança de hora.

O estudo anterior foi repetido, mas utilizando os perfis de produção solar para definir o grau de luminosidade, a partir do qual a iluminação artificial seria dispensada. Para este efeito foram utilizados os perfis regulados, publicados pela ERSE [12]. Neste caso, foram utilizados os perfis definidos para aplicação entre 1 de janeiro de 2021 e 31 de dezembro de 2021. Note-se que estes perfis são basicamente os mesmos para todos os anos, dado que não dependem de fins de semana, feriados ou outros fatores que tipicamente afetam os consumos.

Foram realizados vários testes com a variação do índice a considerar de microprodução e com as rotinas dos portugueses, mantendo-se o pressuposto de utilização da energia elétrica entre as 7h30m e as 23h30m. Na figura 6 podemos verificar um extrato no primeiro dia do ano de 2021 do perfil de microprodução.

Data	Dia da semana	Hora	Com mudança da hora	Sem mudança da hora	RESP (MW)	Perfis de consumo BTN			IP	Precisar iluminação Com mudança	Precisar iluminação Sem mudança	μP, mP, PP
						BTN A, BTE e MT	BTN B	BTN C				
01/01/2021	Sexta-feira	00:15:00	00:15:00	00:15:00	4720,37734	0,02126	0,02805	0,03674	0,06137	0	0	0,00000
01/01/2021	Sexta-feira	00:30:00	00:30:00	00:30:00	4708,44140	0,02082	0,02720	0,03569	0,06137	0	0	0,00000
01/01/2021	Sexta-feira	00:45:00	00:45:00	00:45:00	4694,54941	0,02041	0,02642	0,03456	0,06137	0	0	0,00000
01/01/2021	Sexta-feira	01:00:00	01:00:00	01:00:00	4679,48892	0,02005	0,02577	0,03336	0,06137	0	0	0,00000
01/01/2021	Sexta-feira	01:15:00	01:15:00	01:15:00	4610,00449	0,01970	0,02510	0,03217	0,06137	0	0	0,00000
01/01/2021	Sexta-feira	01:30:00	01:30:00	01:30:00	4575,65727	0,01935	0,02449	0,03099	0,06137	0	0	0,00000
01/01/2021	Sexta-feira	01:45:00	01:45:00	01:45:00	4488,07837	0,01898	0,02388	0,02985	0,06137	0	0	0,00000
01/01/2021	Sexta-feira	02:00:00	02:00:00	02:00:00	4450,82916	0,01863	0,02334	0,02870	0,06137	0	0	0,00000
01/01/2021	Sexta-feira	02:15:00	02:15:00	02:15:00	4320,09833	0,01831	0,02280	0,02767	0,06137	0	0	0,00000
01/01/2021	Sexta-feira	02:30:00	02:30:00	02:30:00	4281,16910	0,01802	0,02233	0,02670	0,06137	0	0	0,00000
01/01/2021	Sexta-feira	02:45:00	02:45:00	02:45:00	4160,15737	0,01776	0,02187	0,02585	0,06137	0	0	0,00000
01/01/2021	Sexta-feira	03:00:00	03:00:00	03:00:00	4120,71781	0,01756	0,02145	0,02503	0,06137	0	0	0,00000

Figura 6 - Excel perfis de microprodução (extrato)

Os perfis são obtidos a partir de médias de produção fotovoltaica, o que de certa forma representa melhor a luminosidade efetiva do que o ciclo solar. Foi necessário estabelecer um critério de luminosidade mínima aproveitável, tendo sido utilizados os valores dos perfis correspondentes a 0,01; 0,001 e 0,02. A seguir vão ser apresentados os resultados dos diferentes casos.

3.2 Impacto da HdV no consumo com iluminação

Em todos os casos seguintes, são contabilizadas as horas em que é necessária a iluminação elétrica, assumindo-se que estará a ser usada nas horas ativas a que corresponda um nível de luminosidade natural inferior a um determinado patamar.

Caso 1

Neste caso, as necessidades de iluminação são determinadas pela confrontação entre o ciclo solar e a hora legal, conforme descrito atrás.

Tempo total de utilização:

- sem a mudança de hora 1755h03m
- com a mudança de hora 1538h03m

Para este caso, conseguimos verificar que através dos dois resultados anteriores, podemos verificar que se poupa muitas horas de energia elétrica com a mudança de hora.

Caso 2

Neste caso, considerou-se que é precisa a Iluminação quando o perfil de produção de microprodução é inferior a 0,01 μ P

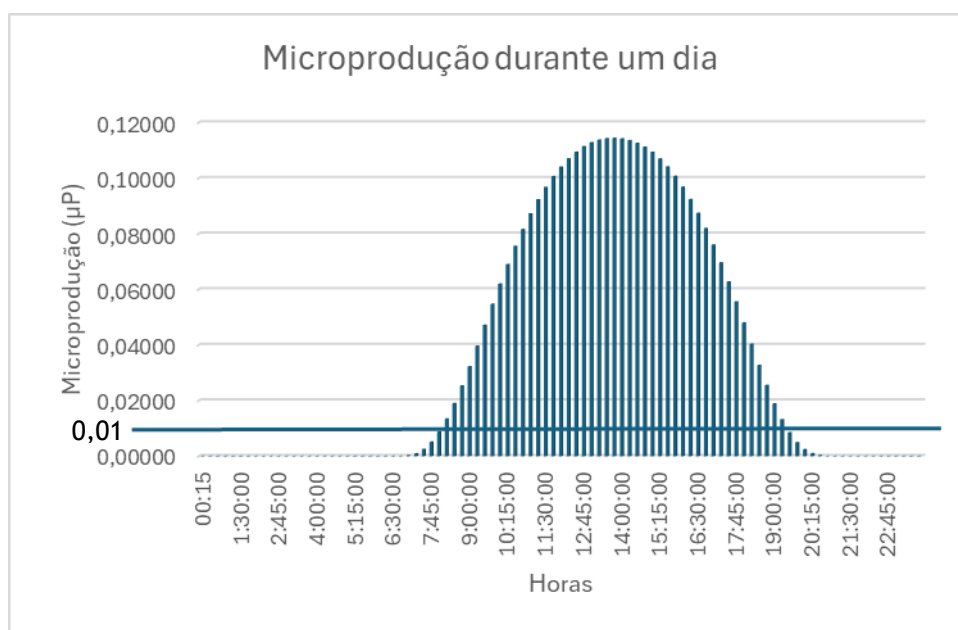


Figura 7 - Perfil típico da microprodução durante um dia (média de todos os dias do ano)

Foram considerando três valores-limite do índice de microprodução, a partir do qual se considera desnecessária a iluminação. A tabela seguinte sintetiza os resultados.

Tabela 3 - Número de horas em que é necessário utilizar energia elétrica para iluminação

Índice de microprodução	Com mudança de Hora	Sem mudança de Hora
0,02	2335,75	2383,00
0,01	1994,50	2132,50
0,001	1542,25	1748,50

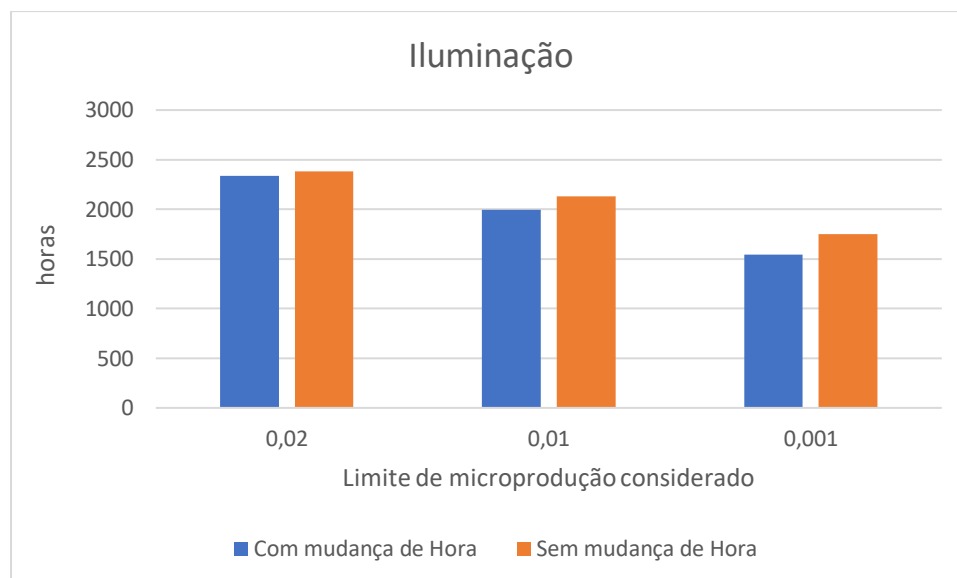


Figura 8 - Horas em que a iluminação é necessária, com ou sem mudança de hora (anual)

Estes resultados mostram, mais uma vez, que compensa aderir à mudança de hora.

O último caso testado (limite de 0,001) corresponde a uma situação pouco realista, dado corresponder a uma luminosidade natural muito reduzida. Por outro lado, este limite situa-se numa zona do perfil em que a curva é bastante plana (derivada muito baixa), o que significa maior possibilidade de erros de aferição. Assim, talvez seja mais razoável desconsiderar os resultados para este caso.

Caso 3

Foi ainda realizado um teste, modificando a hora de deitar (alterando para as 22h30) considerando que depois desta hora já não era necessária energia elétrica, considerando o limite do índice de 0,02 de microprodução. O objetivo deste ensaio é perceber se as conclusões anteriores dependem da hora de deitar considerada.

Obteve-se que seria necessária energia elétrica em 1970,75 horas no caso de ocorrer mudança de hora, e 2018 horas no caso de não acontecer mudança de hora.

Estes resultados indicam que a mudança de hora é benéfica em termos de aproveitamento da luminosidade natural, correspondendo a uma diminuição de cerca de 2% no número de horas com necessidade de iluminação.

3.3 Pesquisando a hora legal ideal

Esta fase do estudo procura determinar qual a hora legal que conduz à situação de menor consumo de energia elétrica para iluminação, para os casos com e sem a mudança de hora. Para este efeito foram assumidos os mesmos pressupostos dos estudos anteriores, considerando-se agora sucessivamente atrasos/avanços da hora legal.

1. Adiantar a hora 15 minutos

Horas que é preciso iluminação com mudança de hora: 1970,50 horas

Horas que é preciso iluminação sem mudança de hora: 1986,75 horas

2. Adiantar a hora 30 minutos

Horas que é preciso iluminação com mudança de hora: 1970,25 horas

Horas que é preciso iluminação sem mudança de hora: 1970,25 horas

3. Adiantar a hora 45 minutos

Horas que é preciso iluminação com mudança de hora: 1970 horas

Horas que é preciso iluminação sem mudança de hora: 1970,75 horas

4. Adiantar a hora 60 minutos

Horas que é preciso iluminação com mudança de hora: 1969,75 horas

Horas que é preciso iluminação sem mudança de hora: 1970,75 horas

5. Atrasar a hora 15 minutos

Horas que é preciso iluminação com mudança de hora: 1972,50 horas

Horas que é preciso iluminação sem mudança de hora: 2061 horas

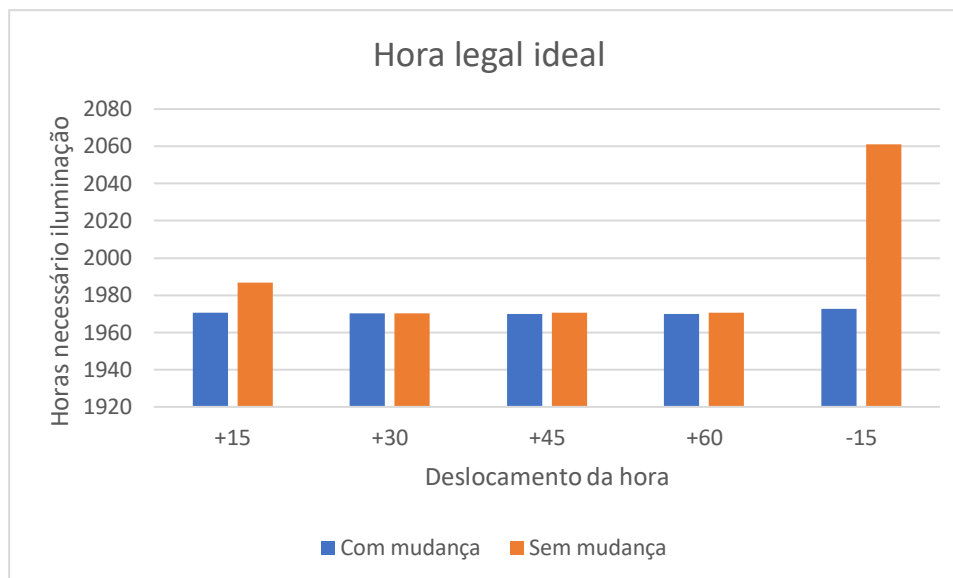


Figura 9 - Hora legal ideal, horas necessárias iluminação com deslocamento da hora

Nos outros casos de estudo (avanço da hora legal), as ocorrências de menor consumo foram para:

- avanço de 60 min para o caso com mudança de hora
- avanço de 30 min para o caso sem mudança de hora

3.4 Impacto da HdV no consumo com climatização

Este estudo foi baseado nas séries de temperaturas desde 2010 a 2020.

A avaliação das necessidades de aquecimento foi baseada no pressuposto que o aquecimento é necessário quando a temperatura é inferior a 15°C.

Tabela 4 - Estimativa do número de horas que é necessário ligar aquecimento anualmente entre 2010 e 2020

Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Sem mudança	2373	2057	2413	2543	2257	2140	2490	2100	2523	2222	2099
Com mudança	2393	2082	2421	2559	2272	2157	2511	2131	2537	2248	2102

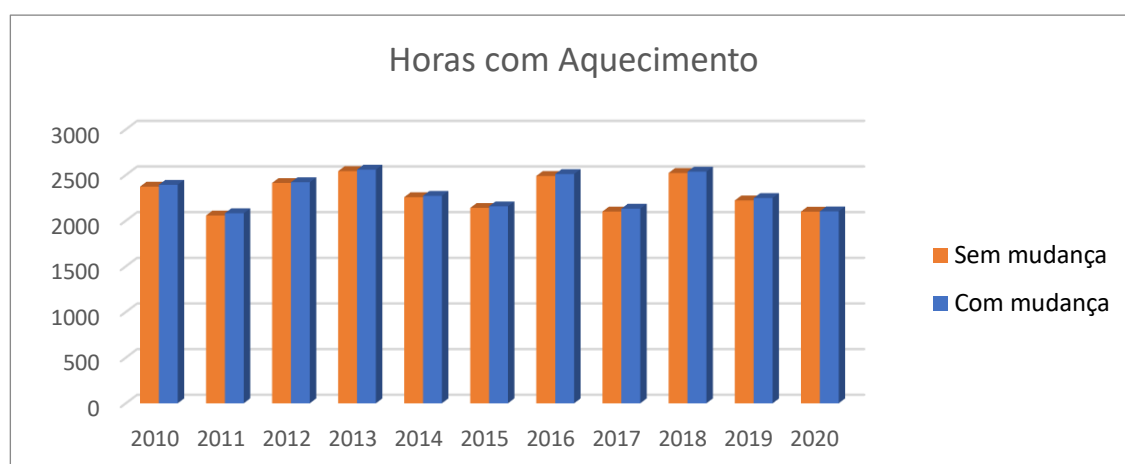


Figura 10 - Horas que é necessário ligar aquecimento com ou sem mudança de hora

Este estudo revelou que o caso sem mudança da hora corresponde a uma pequena poupança ($\approx 0.8\%$) no consumo de energia para aquecimento.

Para estimar as necessidades de arrefecimento (ar condicionado) considerou-se que este seria ligado para temperaturas superiores a 24°C .

Tabela 5 - Horas que é necessário ligar ar condicionado entre 2010 e 2020

Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Sem mudança	817	757	552	702	591	624	715	726	783	498	739
Com mudança	819	760	554	704	590	624	715	727	782	499	741

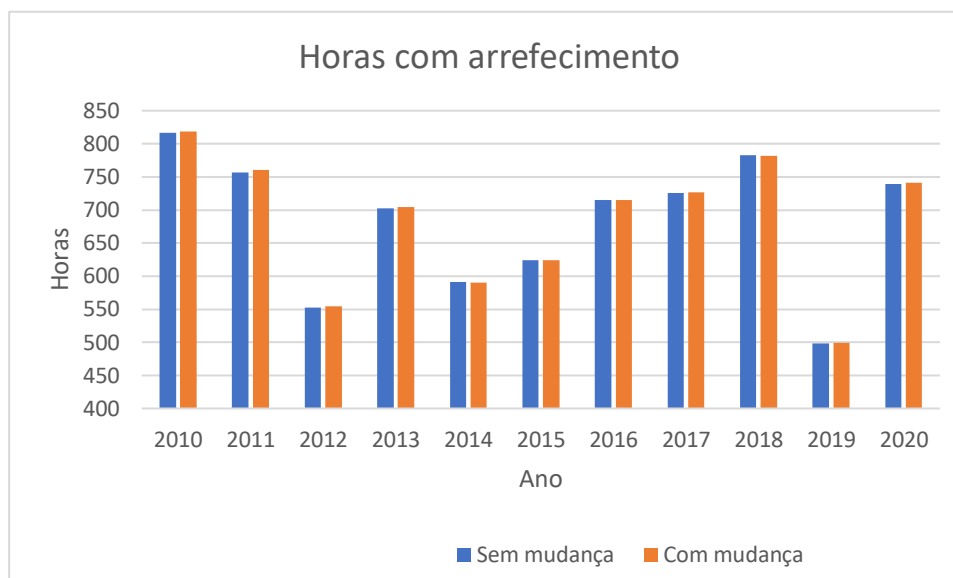


Figura 11 - Horas que é necessário ligar ar condicionado com ou sem mudança de hora

Os valores obtidos apontam para uma vantagem muito pequena ($\approx 0.15\%$) para o caso sem mudança de hora, no que diz respeito à utilização do ar condicionado.

Estes resultados permitem comparar a quantidade de horas que é necessário utilizar a energia elétrica em cada um dos casos. Conclui-se que a situação sem mudança de hora apresenta uma pequena vantagem no que diz respeito à poupança de energia com a climatização.

Como conclusão geral dos estudos anteriores, verifica-se que no caso da iluminação é mais vantajoso ocorrer mudança de hora, mas a mudança de hora será pior na questão da climatização. Os acréscimos de consumo parecem relativamente pequenos, através do cálculo dos acréscimos do consumo verificamos que ronda os 2%.

3.5 Hora legal comum na Europa

A implementação da hora comum na União Europeia apresenta vantagens significativas que abrangem diversos setores, desde o comércio e administração até à simplificação de processos inter-países. A uniformidade de horários facilita as operações comerciais, reduz a burocracia, melhora a eficiência nos transportes e comunicação, fortalece o mercado único europeu, facilita o turismo e viagens, e promove a educação e a unidade cultural.

Tendo a União Europeia decidido adotar uma hora comum, pretende-se nesta secção analisar se será razoável em termos de aproveitamento solar. Na União Europeia, os países mais distantes entre si, e com a mesma hora, são a Espanha a oeste e a Polónia a leste, estando as suas capitais distanciadas mais de 2000 km, correspondendo a quase 20° de diferença de

latitude. Assim sendo, levanta-se a questão de analisar o impacto da implementação da hora comum em países com esta diferença de latitude.

Para este efeito, foi realizado um estudo com base em 2 cidades europeias, Madrid (Latitude: 40.4167, Longitude: -3.70325 40° 25' 0" Norte, 3° 42' 12" Oeste) [13] e Varsóvia (Latitude: 52.2322, Longitude: 21.0083; 52° 13' 56" Norte, 21° 0' 30" Este) [14]. Tal como nos estudos anteriores, foram determinadas as horas de nascer e de pôr do sol, e utilizando como critério a hora de acordar às 7h30m e a hora de deitar 23h30m. Para os dois países, foram analisados os casos com ou sem mudança de hora. Além disso, procurou-se comparar a situação atual com o caso em que a Polónia adotaria uma hora distinta. Note-se que, apesar da grande distância entre Madrid (Espanha) e Varsóvia (Polónia), encontram-se na mesma zona de fuso horário, ou seja:

1. Horário Padrão (CET):
 - Espanha: GMT+1
 - Polónia: GMT+1
2. Horário de Verão (CEST):
 - Espanha: GMT+2
 - Polónia: GMT+2

Tempo total de utilização (apenas em iluminação):

No caso de Espanha:

Com mudança de hora: 1674h 13m

Sem mudança de hora: 1890h 22m

No caso da Polónia:

Com mudança de hora: 1901h 36m

Sem mudança de hora: 2118h 36m

A análise dos resultados obtidos, indica que, para estes dois casos, a mudança de hora é benéfica, uma vez que em ambos os casos, será necessário recorrer a menos horas ao consumo de energia elétrica para iluminação. Note-se que estes resultados confirmam as conclusões do estudo realizado para Portugal: existe uma vantagem marginal na adoção da HdV em termos de poupança energética com iluminação.

Foi então realizado outro caso, que consiste na Polónia estar à sua hora solar, ou seja, seria necessário mais uma hora face ao horário de Espanha:

No caso da Polónia se tivesse com mais 1 hora que Espanha:

Com mudança de hora: 1635h 35m

Sem mudança de hora: 1838h 12m

Conclui-se que, em termos de gastos de energia elétrica com a iluminação, a mudança da hora é compensatória em ambos os países, que nos mostram que a Polónia terá benefícios de poupança se adotar um horário com um avanço de 1 hora à frente relativamente à situação atual. Ou seja, a Polónia teria beneficiaria se não adotasse a hora comum da União Europeia.

Capítulo 4

Síntese e conclusões

A escrita deste relatório teve como objetivos não só explicar o tema da dissertação, mas também, enunciar os propósitos com este trabalho, e as motivações que levaram a analisar este tema. Foi possível perceber que é uma questão bastante controversa, que existem diferentes perspetivas, cada uma com a sua peculiaridade. Segundo as referências bibliográficas consultadas, vários autores apresentam ideias discordantes e a análise das diferentes opiniões foi deveras proveitosa para a elaboração do presente relatório.

Concluiu-se que em termos de aproveitamento da luminosidade solar, existe uma pequena vantagem (cerca de 2%) a favor da manutenção da mudança da hora. Em termos de climatização, a conclusão foi no sentido contrário, ou seja, a mudança da hora aumenta marginalmente o consumo ($\approx 2\%$) comparativamente à alternativa. Note-se, no entanto, que o consumo com climatização é bastante superior ao consumo com iluminação.

Relativamente identificação da “hora ideal” em termos de aproveitamento da luz solar, concluiu-se que um avanço da hora legal em 60 min, para o caso com mudança da hora, no entanto para o caso de não existir mudança de hora o caso mais favorável seria um avanço de 30 min.

A análise realizada sugere que a adoção de um horário comum em toda a união Europeia não faz sentido, em termos de poupança energética associada ao melhor aproveitamento do ciclo solar.

O estudo desenvolvido foi baseado na contabilização de tempos de utilização, o que permite comparar períodos, mas não os consumos em si. Assim, para futuros desenvolvimentos deste trabalho sugere-se a quantificação dos consumos associados tanto a iluminação como a climatização.

Referências

- [1] Rui Jorge Agostinho, “A hora legal portuguesa”. Disponível em <http://oal.ul.pt/documentos/2018/09/relatorio-hora-legal-verao-ue-agosto-2018.pdf>/ Acesso em 07/06/2022.
- [2] Fernando Esteves, “Não mudar a hora é recomendado pela ciência?”, outubro 2018, online <https://poligrafo.sapo.pt/fact-check/nao-mudar-a-hora-e-recomendado-pela-ciencia>. Acesso em 07/06/2022.
- [3] Andrea Cunha Freitas, “Abolir a mudança da hora vai prejudicar a saúde?”, agosto 2018, online <https://www.publico.pt/2018/08/31/ciencia/noticia/abolir-a-mudanca-da-hora-vai-prejudicar-a-saude-1842651>. Acesso em 08/06/2022.
- [4] J. Silva, A. Couto, J. Duque, “ANÁLISE TÉCNICA DO IMPACTO DA MUDANÇA DE HORA LEGAL NA PENETRAÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NÃO CONTROLÁVEL NO CONSUMO EM PORTUGAL CONTINENTAL”. Disponível em https://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/3180/1/EstudoMudancaHora_RelatorioCompleto.pdf . Acesso em 07/06/2022.
- [5] European Parliamentary Research Service, “EU summer-time arrangements under Directive”, outubro 2017, online [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2017/611006/EPRS_STU\(2017\)611006_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2017/611006/EPRS_STU(2017)611006_EN.pdf). Acesso em 21/11/2022.
- [6] Olivia J. Walch, Amy Cochran e Daniel B. Forger, “A global quantification of “normal” sleep schedules using smartphone data”, Maio 2016, online <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1501705>. Acesso em 02/12/2022.
- [7] Giovana Sanchez, “Ideia do horário de verão surgiu antes mesmo da luz elétrica”, outubro 2008, online G1 conta a História - NOTÍCIAS - Ideia do horário de verão surgiu antes mesmo da luz elétrica (globo.com). Acesso em 05/12/2022.
- [8] Weily Toro, Robson Tigre and Breno Sampaio, “Daylight Saving Time and incidence of myocardial infarction: Evidence from a regression discontinuity design”, 2015, online https://econpapers.repec.org/article/eeeecolet/v_3a136_3ay_3a2015_3ai_3ac_3ap_3a1-4.htm. Acesso em 07/12/2022.

- [9] Felipe Payão, “Você sabia que o horário de verão ajuda os cibercriminosos?”, outubro 2015, online <https://www.tecmundo.com.br/seguranca/88096-voce-sabia-horario-verao-ajuda-cibercriminosos.htm>. Acesso em 12/12/2022.
- [10] Pordata, “Duração das deslocações diárias da população”, <https://www.pordata.pt/municipios/duracao+media+d+deslocacoes+diarias+da+populacao+residente+segundo+os+censos-1039> , acesso em 08/06/2024
- [11] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), “NOAA Solar Calculator”, Excel Spreadsheet, <https://gml.noaa.gov/grad/solcalc/calcdetails.html>, acesso 12/06/2024
- [12] ERSE, “Regulamento do Acesso às Redes e às Interligações (RARI)”, Decreto-Lei n.º 15/2022, , <https://www.erse.pt/atividade/regulamentos-eletricidade/acesso-as-redes-e-as-interligacoes/> , acesso em 12/06/2024
- [13] DB-City, <https://pt.db-city.com/Espanha--Madrid--Madrid--Madrid#geo> , acesso em 17/02/2024
- [14] DB-City, <https://pt.db-city.com/Pol%C3%B3nia--Maz%C3%B3via--Vars%C3%B3via--Warszawa#geo> , acesso em 17/02/2024