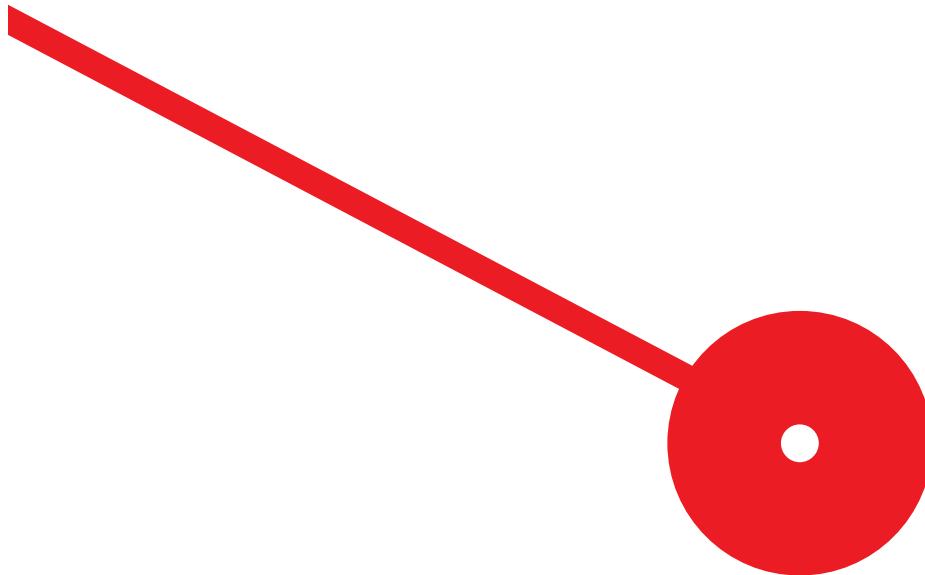




Modelos de negócios nas empresas de serviços solares: barreiras e oportunidades.

Rui Emanuel Flores Ramos da Costa Azevedo

11/2022





Modelos de negócios nas empresas de serviços solares: barreiras e oportunidades

Rui Emanuel Flores Ramos da Costa Azevedo

Dissertação de Mestrado em Finanças Empresariais

Apresentado ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Finanças Empresariais, sob orientação do Professor Doutor Armando Mendes Jorge Nogueira da Silva.

Versão Final (Esta versão contém as críticas e sugestões dos elementos do júri)



—

Agradecimentos

Quero agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Armando Mendes Jorge Nogueira da Silva pela enorme disponibilidade e auxílio prestado na elaboração deste trabalho. De igual forma, quero agradecer o Dr. Ricardo Meireles, pela sua contribuição para a realização deste trabalho.

Resumo:

As alterações climáticas e a crise petrolífera de 1973 foi o ponto de partida para consciencializar os governantes da escassez e da dependência dos recursos energéticos provenientes de combustíveis fósseis. Aliados a este dilema, o aumento do preço do barril de petróleo e a instabilidade política dos países que produzem, conduziu à necessidade de mudança e procura de novas soluções. Em Portugal, a incorporação das energias renováveis na sua matriz energética contribui para uma mudança no paradigma energético. Os incentivos legislativos à produção para autoconsumo, com recurso a energias renováveis, e em particular os sistemas fotovoltaicos (energia solar), em conjunto com o declínio substancial no custo dos sistemas fotovoltaicos (redução de 80% desde 2008) permite à energia solar competir com outras opções de geração de energia. Outro motivo para o crescimento fotovoltaico são os mecanismos de financiamento inovadores, proporcionando uma solução para os custos iniciais e para os custos de operações e de manutenção do sistema solar.

O Modelo de Negócio *Third party ownership* (TPO) já bem-sucedido em alguns países desenvolvidos (EUA, Japão), e os seus dois principais instrumentos, o leasing solar e o *Power Purchase Agreement* (PPA) permitem aos consumidores obterem energia limpa a um preço inferior ao do mercado da eletricidade. Utilizando o conceito de Modelo de Negócio como ferramenta analítica, a presente dissertação pretende comparar a atratividade económica de dois modelos de negócios nas empresas solares na implementação de energia fotovoltaica. Proceder-se-á a uma avaliação económico-financeira do caso de estudo com o intuito de aferir do retorno financeiro.

Os resultados do caso de estudo sugerem a viabilidade económica dos dois modelos de negócios, apresentam resultados semelhantes, com retorno do investimento para a empresa promotora. Podendo desempenhar, os dois modelos de negócios, um papel importante num rápido crescimento das energias renováveis em Portugal.

Palavras chave:

Energias Renováveis; Sistema elétrico nacional; Modelos de Negócios; Projeto de Investimento.

Abstract:

The climate change and oil crisis of 1973 was the starting point to raise awareness of the scarcity and dependence on energy resources from fossil fuels. Allied to this dilemma, the increase in the price of a barrel of oil and the political instability of the countries that produce it, led to the need for change and the search for new solutions. In Portugal, the incorporation of renewable energies in its energy matrix has contributed to a change in the energy paradigm. Legislative incentives for production for self-consumption, using renewable energies, and in particular photovoltaic systems (solar energy), together with the substantial decline in the cost of photovoltaic systems (80% reduction since 2008) allows solar energy to compete with other power generation options. Another reason for photovoltaic growth is innovative financing mechanisms, providing a solution to the initial costs and the costs of operations and maintenance of the solar system.

The Third party ownership (TPO) Business Model already successful in some developed countries (USA, Japan), and its two main instruments, the solar leasing and the Power Purchase Agreement (PPA) allow consumers to obtain clean energy at a lower price than the electricity market. Using the Business Model concept as an analytical tool, this dissertation aims to compare the economic attractiveness of two business models in solar companies in the implementation of photovoltaic energy. An economic and financial evaluation of the case study will be carried out in order to assess the financial return.

The results of the case study suggest the economic viability of the two business models, with return on investments for the promoting company. Both business models may play an important role in the rapid growth of renewable energies in Portugal

Key words:

Renewable energy; National electrical system; Business models; Investment project.

Índice geral

Capítulo I – Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	2
Capítulo II - Revisão de Literatura.....	7
2.1 Barreiras e oportunidades no investimento em energias renováveis.....	8
2.2 Modelos de Negócios	13
2.3 Opções de Financiamento e Modelos de Negócios de empresas de serviços solares	16
2.3.1 Opções de financiamento	16
2.3.2 Modelos de negócio de serviço solar.....	18
2.4 Digitalização e descentralização	20
Capítulo III - Evolução Regulamentar do Sistema Elétrico Nacional.....	25
3.1 Introdução	26
3.2 Panorama Nacional.....	26
3.3 Estrutura do Setor Elétrico Nacional	29
3.3.1 Produção.....	31
3.3.2 Transporte	31
3.3.3 Distribuição	31
3.3.4 Comercialização	32
3.3.5 Operação dos mercados organizados.....	32
3.4 A organização e o funcionamento do SEN.....	32
Capítulo IV - Aplicação do Modelo Canvas às Empresas de Serviços Solares e avaliação de Projetos de Investimento.....	34
4.1 Modelo Canvas aplicado às empresas de serviços solares	35
4.1.1 Proposta de Valor	35
4.1.2 Relacionamento com os clientes	36
4.1.3 Segmento de Clientes.....	36

4.1.4	Canais.....	36
4.1.5	Parceiros Chave	36
4.1.6	Atividades Chave.....	37
4.1.7	Recursos Chave	37
4.1.8	Estrutura de Custos	37
4.1.9	Fluxos de Caixa	37
4.2	Fundamentos de avaliação de projetos de Investimento.....	38
4.2.1	O Valor Atual Líquido (VAL).....	38
4.2.2	A Taxa Interna de Rendibilidade (TIR)	39
4.2.3	Período de Recuperação do Investimento Atualizado (PRIA).....	39
4.2.4	Índice Rendibilidade do Projeto (IRP).....	40
4.2.5	Levelized cost of energy (LCOE).....	41
Capítulo V - Estudo de Caso.....		43
5.1	Caso de Estudo	44
5.2	Metodologia	44
5.3	Dados do cliente	45
5.4	Pressupostos do projeto	49
5.4.1	Investimento e prazo do contrato.....	50
5.4.2	Taxa de Atualização.....	50
5.4.3	Custos operacionais e de manutenção (O&M).....	53
5.4.4	Modelo PPA.....	54
5.4.5	Modelo Leasing	55
5.5	Resultados do caso de estudo.....	56
Capítulo VI - Conclusão.....		59
6.1	Conclusões	60
Bibliografia.....		63
Apêndices.....		73

Apêndice I - Cálculo do Cash Flow Global do Modelo PPA.....	74
Apêndice II - Cálculo do Cash Flow Global do Modelo leasing Solar.....	75
Apêndice III - Cálculos auxiliares para apurar o VAL, o TIR, o PRIA, o IRP e o LCOE	76
a) Modelo PPA.....	76
b) Modelo Leasing.....	76

Índice de Figuras

FIGURA 1: PROJEÇÕES DOS RESÍDUOS FOTOVOLTAICOS, 2016-2050.....	5
FIGURA 2: FONTES DE FINANCIAMENTO E MODELOS DE NEGÓCIOS.....	16
FIGURA 3: ESTRUTURA DO SETOR ELÉTRICO NACIONAL.....	30
FIGURA 4: MODELO CANVAS DE EMPRESAS DE SERVIÇOS SOLARES A OPERAR SOB O MODELO DE LEASING SOLAR OU MODELO PPA.....	30
FIGURA 5: MODELO DE FINANCIAMENTO	45
FIGURA 6: FATURA ANUAL DE ELETRICIDADE SEM PROJETO FOTOVOLTAICO	46
FIGURA 7: PERFIL DE CONSUMO SEMANAL	46
FIGURA 8: PERFIL ANUAL DE PRODUÇÃO FOTOVOLTAICA.....	47
FIGURA 9: PERFIL DE CONSUMO E EXCEDENTE SEMANAL.....	48
FIGURA 10: FATURA ELÉTRICA DO PRIMEIRO ANO ESTIMADA COM PROJETO FOTOVOLTAICO	48
FIGURA 11: POUPANÇA DO CENTRO COMERCIAL	57

Índice de Tabelas

TABELA 1: ESTADO E FUTURO DE ENERGIA SOLAR	4
TABELA 2: MODELO CANVAS	15
TABELA 3: PRESSUPOSTOS TÉCNICOS	49
TABELA 4: PRESSUPOSTOS FINANCEIROS.	50
TABELA 5: MODELO CAPM	52
TABELA 6: TAXA ATUALIZAÇÃO	53
TABELA 7: GUIA DE O&M.....	54
TABELA 8: MAPA PREVISIONAL DO MODELO PPA.....	55
TABELA 9: MAPA PREVISIONAL DO MODELO LEASING	565
TABELA 10: POUPANÇA CLIENTE	56
TABELA 11: INDICADORES ECONÓMICOS.....	58

Lista de abreviaturas

AT – Alta Tensão

BT – Baixa Tensão

CO2 – Dióxido de Carbono

DER – *Distributed Energy Resources*

DLT – *Distributed ledger Technologies*

ER – Energias Renováveis

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

FER – Fontes de Energias Renováveis

FIT – *Feed-in-Tariff*

GEE – Gases Efeito Estufa

GW - *GigaWatt*

IA – Inteligência Artificial

IEA – *International Energy Agency*

IoT – *Internet of Things*

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

MIBEL – Mercado Ibérico de Eletricidade

MT – Media Tensão

P2P – *Peer-to-Peer*

PPA – *Power Purchase Agreement*

REN – Redes Energéticas Nacionais

RNT – Rede Nacional Transporte

SEN – Sistema Elétrico Nacional

SENV – Sistema Elétrico não Vinculado

SEP – Sistema Elétrico Público

TIC – Tecnologias de Informação e comunicação

TPF – *Thirty-Party Financially*

TPO – *Thirty-Party Ownership*

UE – União Europeia

UPAC – Unidade de Produção para Autoconsumo

UPP – Unidade de Pequena Produção

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

O XXI Governo Constitucional definiu em 2018 como plano estratégico nacional para a energia, Portugal atingir em 2050 a neutralidade carbónica, através da implementação de medidas relacionadas com o aumento da eletrificação¹ da economia para 65%, da produção de energia solar, a redução das emissões de gases de efeito de estufa (GEE) da indústria em 70% ou de resíduos urbanos em 25%.

O Roteiro para a Neutralidade Carbónica (2019) refere também que a próxima década de 30 é decisiva para Portugal, na medida em que a nossa dependência energética² era em 2018 de 75% e pretende-se que em 2030 seja de 65% e ainda que em 2050 seja de 17%. O então Ministro do Ambiente e da Transição Energética, Matos Fernandes, acrescentou ainda que os 65 milhões de barris de petróleo que em 2018 eram consumidos em Portugal teriam de ser reduzidos para 10 milhões em 2050, criando uma poupança de 4 mil milhões de Euros por ano, o que representa um valor acumulado de 128 mil milhões de Euros entre 2020 e 2050; acrescentou ainda que a economia de mercado alicerçada em políticas públicas adequadas dará origem a um investimento anual de 30 mil milhões de Euros em fontes de energia renováveis, entre 2020 e 2050

“A transição para um sistema energético sustentável - envolvendo uma integração significativa de fontes de energia renováveis (FER), é disruptiva para todo o sistema energético e requer vias inovadoras de o projetar, organizar e operar ao se ir a afastar do modelo de produção centralizado tradicional - como o conhecemos hoje, no qual os cidadãos são consumidores passivos da energia gerada e colocada nos pontos de consumo (DGEG, 2018).”

Espera-se que esta transformação no Setor Elétrico Europeu, em que os grandes monopólios públicos dão lugar a empresas privadas competitivas em mercados liberalizados, forneça energia mais competitiva e portanto, mais eficiente e mais barata. A resposta à necessidade urgente de descarbonização das Economias vem alterando progressivamente o modelo de produção industrial e distribuição de energia elétrica, tendo conduzido a UE (União Europeia) à adoção do pacote legislativo de “Energia

¹ Eletrificação – Diminuição da dependência de combustíveis fósseis substituindo por uma fonte de energia renovável, eletricidade.

² Dependência energética: Fenómeno no qual um país depende da importação de fontes energéticas para satisfazer as suas necessidades energéticas internas.

Limpa para todos os Europeus” em maio de 2019, que visa concretizar os compromissos assumidos no âmbito do acordo de Paris³.

O novo quadro regulamentar do mercado da eletricidade da UE (Diretiva EU 2018/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho de 11 de Dezembro de 2018) reflete necessidades não só de flexibilização no recurso a fontes de energia renovável, mas igualmente de necessidades coletivas de energia agregadas por motivações e interesses individuais de vária ordem, resultando em compromissos coletivos, que em breve, permitirão que cooperativas de energia ou municípios possam gerir micro redes urbanas, que conjuntos de habitações ou edifícios possam instalar e partilhar sistemas fotovoltaicos para autoconsumo coletivo ou *prosumers*⁴, levando à criação de “comunidades de energia”, um modelo de gestão e organização que visa permitir, não apenas o uso coletivo do sistema de produção e armazenamento, mas colocar a sua gestão nas mãos das comunidades e dos cidadãos; isto significaria que as unidades de conversão de energia estão situadas perto dos consumidores de energia, criando um sistema de energia distribuída, sendo uma alternativa eficiente, confiável e ambientalmente correta (Alanne, 2006).

Outro desafio que se apresenta com o crescimento das energias renováveis, é lidar com os resíduos fotovoltaicos, o crescimento dos resíduos de painéis solares acrescenta um novo problema ambiental, mas também oportunidades sem precedentes para criar valor e prosseguir novas vias económicas. Até agora, os sistemas solares têm funcionado sob um modelo linear de “*take-make-use-dispose*”, em que os recursos naturais são extraídos, os painéis são fabricados, comercializados, utilizados e depois, na sua maioria, eliminados em aterros, onde a contaminação do solo e das águas subterrâneas pode ocorrer (Kumar et al.,2017). Para que a indústria fotovoltaica possa reduzir e eliminar completamente os resíduos, é necessário incorporar uma perspetiva circular, de ciclo de vida. Tal perspetiva exigirá mudanças ao longo de toda a cadeia de valor dos sistemas fotovoltaicos, desde a conceção do produto até ao fim da sua vida útil e a colaboração de todos os intervenientes, nomeadamente empresas, governos, clientes e instituições académicas. Todo isto com o

³ O Acordo de Paris visa alcançar a descarbonização das economias mundiais e estabelece como um dos seus objetivos de longo prazo limitar o aumento da temperatura media global a níveis abaixo dos 2°C acima dos níveis pré-industriais e prosseguir esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C.

⁴ *Prosumers* – “segundo Toffler são pessoas que produzem alguns dos bens e serviços que entram no seu próprio consumo, bens e serviços que seriam adquiridos no mercado, mas é essa a essência do consumidor o que define o *prosumer* e preferir produzir bens e serviços próprios” (Kotler, 1986)

objetivo de apoiar uma transição informada da indústria fotovoltaica para uma economia circular.

Entretanto, note-se na tabela 1 que a capacidade instalada mundial de energia solar atingiu quase 480 GW, em 2018, representando, contudo apenas 2% da produção mundial de eletricidade (IRENAa, 2019). Até 2030, estima-se que a capacidade global poderá atingir os 2.840 GW, enquanto em 2050 poderá atingir os 8500 GW, representando 25% do mix energético mundial (IRENAb, 2019).

Energia Solar no Mix Energético	2010	2018	2030	2050
Geração de Energia Solar PV (%)	0.2%	2%	13%	25%
Total de Capacidade Instalada	2010	2018	2030	2050
Energia Solar PV (GW)	39	480	2840	8519

Tabela 1: Estado e futuro de energia solar

Fonte: IRENA, 2019

Assumindo que a vida média de um painel solar é de 25 anos, pode-se esperar que o crescimento acelerado da instalação de painéis solares traduza-se num aumento exponencial dos resíduos fotovoltaicos em fim de vida nos próximos anos. As projeções dos resíduos de painéis solares, figura 1, mostram que entre 1,7 a 8 milhões de toneladas de resíduos estarão depositados em aterros até 2030 e que em 2050 chegará aos 78 milhões de toneladas (IRENAc, 2016).

Visão Geral das Projeções Globais de Resíduos de Paineis Solares

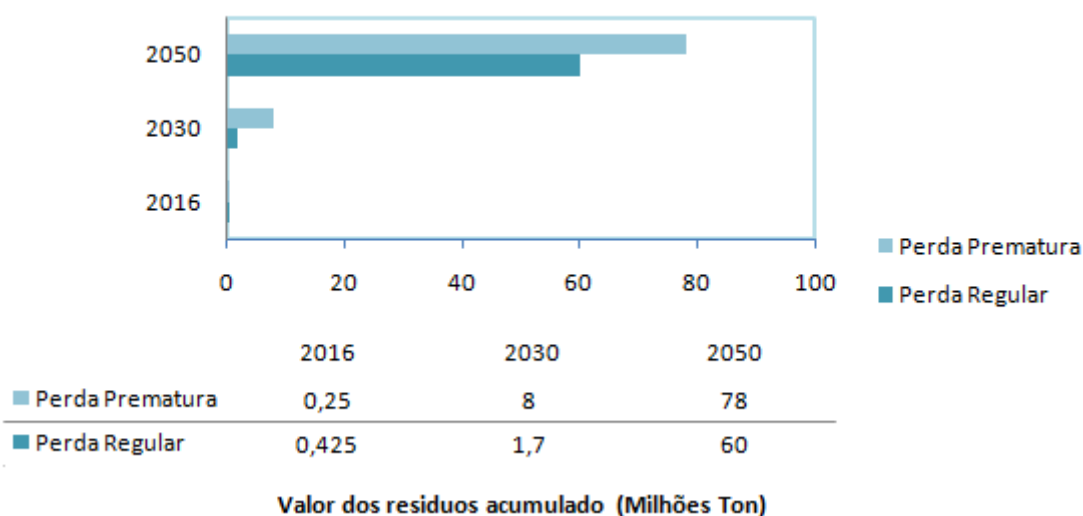


Figura 1: Projeções dos resíduos fotovoltaicos, 2016-2050

Fonte: IRENA, 2016

Acrescente-se que a investigação atual sobre os sistemas fotovoltaicos centra-se principalmente numa perspetiva da cadeia de fornecimento de fluxo futuro, ou seja, produção de polissilícios, fabrico de células e módulos, instalação e reciclagem de sistemas fotovoltaicos. Contudo, importa dar atenção a outras fases igualmente importantes da cadeia de valor, tais como: I&D para a conceção de produtos circulares e modelos de negócios circulares, bem como a remodelação, reutilização e reciclagem fotovoltaica.

Por exemplo, a atual construção de painéis solares não facilita a separação efetiva dos materiais após a sua eliminação, o que proporciona incentivos para a reciclagem e a deposição em aterros de baixo valor. Da mesma forma, os atuais modelos de negócios centrados no produto, raramente permitem a manutenção, remodelação, retoma ou reciclagem do produto. O desenvolvimento de uma mentalidade circular entre os atores da cadeia de valor dos sistemas fotovoltaicos, é fundamental para garantir a disponibilidade de matérias-primas e para prevenir, atrasar ou mitigar os danos ambientais (Gaustad et al., 2017).

Saliente-se que o crescimento económico e o desenvolvimento industrial podem ser comprometidos tanto pela falta de energia quanto pelo aumento das tarifas de energia. Estas consequências podem ser vitais para a economia ao nível macro, mas igualmente

para uma empresa ou organização privada e/ou pública, podendo gerar-se aumentos significativos de custos de produção e, por fim, de prejuízos. No cômputo geral, a necessidade de reduzir os custos industriais, muitas vezes leva o empresário a alternativas de geração de energia, como, por exemplo, a implementação de um sistema de energia solar, com esta necessidade dos empresários surge um novo ecossistema para o mercado solar, no qual as empresas e os novos empresários estão a formar novas parcerias e criando soluções de valor acrescentado.

Esta dissertação tem uma estrutura composta por 6 capítulos, para além do presente capítulo de introdução, o trabalho é composto por mais 5 capítulos. O capítulo 2 contém uma breve revisão de literatura que evidencia a necessidade de procurar fontes de energias alternativas, bem como as barreiras e as oportunidades para adoção de sistemas solares, a importância de um modelo de negócio em abstrato e opções de financiamento para ajudar expandir a implementação de sistemas solares. No capítulo 3 descreve-se a evolução do setor elétrico em Portugal e os vários diplomas regulamentares que o compõe. No capítulo 4 apresentamos as opções de financiamento para o mercado de painéis solares e os modelos de negócios leasing solar e *Power Purchase Agreement* (PPA) utilizando o modelo de negócio Canvas. Mencionam-se igualmente conceitos relacionados com a avaliação de projetos, para uma posterior utilização aquando da análise do projeto em estudo. No capítulo 5 apresenta-se a metodologia e os resultados obtidos no estudo de caso concreto pela análise dos dois modelos de negócios antes referidos. Por fim no capítulo 6 são apresentadas as conclusões deste estudo.

CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Barreiras e oportunidades no investimento em energias renováveis

Ao longo dos últimos anos, vários autores têm-se debruçado sobre a temática das energias renováveis⁵ (ER), alertados pelos ambientalistas das consequências do aumento das emissões de dióxido de carbono (CO₂). As crescentes preocupações decorrem da previsão que várias agências mundiais fizeram, em especial a *International Energy Agency* (IEA), de a taxa de crescimento do consumo de eletricidade seja maior que a do consumo das outras fontes de energia, incluindo combustíveis líquidos, gás natural e carvão. Neste contexto, a utilização integrada de novas tecnologias existentes permitiria reduzir a dependência quer em relação aos combustíveis fósseis importados, quer face aos recursos domésticos limitados, descarbonizar a eletricidade, aumentar a eficiência energética e reduzir as emissões de CO₂ nos setores da indústria, dos transportes e da construção. Esta evolução poderia levar a reduzir as importações, travar o aumento da procura de energia, reforçar as economias domésticas e ao longo do tempo, baixar consideravelmente as emissões de GEE (IEA, 2012)

Devido às constantes preocupações em relação às mudanças climáticas, ao aumento do preço dos combustíveis fósseis e à instabilidade política nos principais países fornecedores de energia, as fontes de ER tornaram-se um importante tópico de pesquisa na procura de fontes de energia alternativa. A visão económica é uma parte essencial da implementação das energias renováveis e o seu progresso. Se os investidores não tiverem uma vantagem económica, as tecnologias de energias renováveis não poderão competir com as tecnologias de recursos convencionais, e, por outro lado, é difícil estabelecer um custo unitário das ER em comparação com as fontes convencionais.

Até há pouco tempo havia a convicção que as ER podiam apenas dar uma contribuição marginal para o futuro fornecimento de energia, essa crença era fundamentada nos altos custos das ER, numa tecnologia estática, em limitações nas possibilidades de localização, limitações das próprias ER e barreiras ou falhas de mercado que impediam a implementação de várias tecnologias que aumentam a eficiência energética. Além disso, os subsídios pagos pelo consumo de combustíveis fósseis atuam como um entrave para as fontes alternativas, tornando mais dispendiosa a competitividade dessas fontes (Abolhosseini et al., 2014). A inovação tecnológica, a economia (custos e preços) e as

⁵ Energias renováveis corresponde a um tipo de energia proveniente de recursos naturais, como o sol, o vento, a água, sendo uma fonte de energia continuamente reabastecida pelo ciclo natural da Terra (Ellabban et al., 2014)

políticas são fatores importantes para derrubar barreiras e reduzir custos de opções (Verbruggena, et al., 2009), embora seja necessário continuar a investigar, torna-se evidente que o fator económico – aumentar o preço da energia e indiretamente diminuir o custo através do desenvolvimento tecnológico – é eficaz na promoção e penetração no mercado (Jaffe et al., 1999) .

As discussões atuais sobre as políticas energéticas derivam de dois tipos de conhecimento:

- Conhecimento sobre a situação e desenvolvimento da poluição e das emissões. Esta é principalmente uma perspetiva importante para os biólogos.
- Um segundo tipo de conhecimento é saber onde estamos, em que direção vamos e em que ritmo. Esta é uma perspetiva de economistas, estatísticos e pesquisadores de inovação.

É vital para a incrementação de políticas energéticas sustentáveis uma base de conhecimento adequada para as discussões políticas. Em grandes transições sociais, tecnológicas e económicas, o financiamento é uma importante força motriz (Perez, 2010). Os mercados financeiros e os seus atores, como investidores institucionais, bancos e empresas de capital de risco, representam o principal elo intermediário entre poupança e investimentos e são essenciais para o bom funcionamento das economias capitalistas, impulsionando o crescimento económico (Rajan & Zingales, 1996), facilitando a transição (Giddens, 2009; Geels & Schott, 2007; Bolton & Foxon, 2015) e definindo trajetórias tecnológicas (Dosi, 1990). Consequentemente, a perspetiva de um investidor deve ser um componente integral de qualquer estratégia para um futuro sustentável (Dinica, 2006), e entender a composição lógica e necessidades de informação dos investidores é crucial para formular políticas de ER significativas (Hargadon & Kenney, 2012).

Outro debate é sobre como induzir a necessária mudança industrial no setor - pois isso é caracterizado por grandes investimentos em infraestruturas - quando uma grande quantidade do investimento é gasto em fontes de energia convencionais em comparação com fontes de energia renováveis (Abolhosseini et al., 2014). Contudo, apesar dos custos elevados de geração de energia fotovoltaica, estes não foram, nos países Europeus, um obstáculo decisivo para o investimento.

De qualquer forma, apesar do enorme potencial técnico, o desenvolvimento e implantação em grande escala de tecnologias de energia solar em todo o mundo, ainda tem que superar várias barreiras técnicas, financeiras, regulamentares e institucionais (Timilsina et al., 2012). Com efeito, Blyth et al. (2015) constatam que existe uma ligação entre o setor financeiro e o setor elétrico, mas o fluxo de dinheiro para o setor está ameaçado pela atual fraqueza do modelo de negócios das concessionárias, e o apoio contínuo dos estados a investimentos baseados em combustíveis fósseis, tornam ineficazes os esforços para a mudança. Da mesma forma, para que os investidores privados dediquem atenção e recursos aos investimentos em ER, as informações sobre potenciais oportunidades de investimento são cruciais (Chassot et al., 2014).

A redução dos custos de produção, deve-se à descida dos preços dos módulos que segundo alguns autores é explicada, pelo conceito de curva de aprendizagem (*learning curve*), em que o custo de cada unidade produzida diminui em função do número cumulativo de unidades produzidas (Wright, 1936), ou seja, a experiência acumulada causa um aumento de produtividade do trabalho, e representa segundo Grawitch et al. (2007) a forma mais comum de abordar e incorporar os efeitos endógenos das alterações tecnológicas, também Arrow (1962), através da observação empírica, verifica que a execução de tarefas repetitivas na produção de bens tem um efeito positivo na produção. Tal deve-se a um conjunto de fatores, como por exemplo, um aumento de eficiência do trabalho, alterações dos processos de produção ou a modificações estruturais na administração (Kahoulbrahmi, 2008).

Entretanto, a maior atenção às fontes de energias renováveis pode ser atribuída a uma série de fatores como: as preocupações com a volatilidade dos preços do petróleo, a dependência de fontes de energia exteriores e às consequências ambientais das emissões de carbono (Apergis & Payne, 2010). Contudo, apesar do enorme potencial de crescimento (como demonstra o estudo realizado para o IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* - em 2011 nos *United Arab Emirates*) existem vários fatores que atrasam a fixação das ER, como fatores naturais específicos (por exemplo: topografia) , por fatores ligados ao ser humano (por exemplo: orientação inadequada dos edifícios) ou barreiras ou falhas do mercado⁶. Além disso, embora as falhas do mercado, como o termo

⁶ Barreiras ou falhas do mercado: Embora sejam usadas como sinónimos, a distinção é frequentemente feita na literatura, Groba e Breitschopf (2013) caracterizam as falhas de mercado como incapacidade dos mercados integrarem totalmente os custos e benefícios sociais no mecanismo de fixação de preços, as barreiras do mercado são desincentivos que afetam a entrada e ou adoção de soluções, produtos e serviços.

sugere, estejam necessariamente ligadas ao mau funcionamento e ausência dos mercados, as barreiras do mercado podem estar ligadas ao funcionamento dos mercados, a políticas regulatórias e fiscais, a fatores sociais e culturais e à assimetria da informação.

Existem autores que apontam o fator político como o mais determinante para o crescimento das ER, são os casos de Carley (2009), Marques et al. (2010), Maria e Bernauer (2014), ou ainda Stadelmann e Castro (2014); estes autores destacam que as motivações políticas influenciam o crescimento da ER, promovendo políticas públicas que incluem subsídios, políticas de cotas⁷, investimento direto, pesquisa e desenvolvimento, *feed-in-tariff* (FIT)⁸ e certificados verdes, já Silva et al. (2018) foram mais longe num estudo realizado em 27 países da EU e 50 estados dos EUA, concluíram que os instrumentos de política de ER desempenham um papel fundamental na fixação de fontes de ER, mas a sua eficácia depende do tipo de instrumentos de política de ER, as tarifas de aquisição, as licitações e os incentivos fiscais são mecanismos eficazes, enquanto que a cota não o são.

Obviamente, que o fator político, não o é por si só, o indutor para o sucesso da implantação das ER, mas, os investidores têm mais probabilidades de investir nas ER na presença de políticas favoráveis do que na sua ausência (Chassot et al., 2014), por exemplo, no caso das tarifas *feed-in* ou incentivos ao investimento, as políticas são concebidas para proporcionar retornos atrativos aos investidores em ER. Os decisores políticos tendem a prestar menos atenção ao outro lado da equação, ou seja, às implicações do risco regulamentar nos investimentos. Os investidores, por outro lado, podem ter opiniões diferentes relativamente à política energética. Em vez de verem as políticas de ER como fonte de oportunidades – tal como assumidas e pretendidas pelos decisores políticos – podem interpretá-las como fonte de risco. Esta visão alternativa entre políticas de investimento tem sido apresentada como uma possível explicação para os resultados confusos sobre a eficácia das políticas de ER (Barradale, 2010). Por exemplo, foi demonstrado que países com quadros políticos aparentemente semelhantes tinham resultados muito diferentes em termos de capacidade instalada (Luthi, 2010), e o “preço do risco político”, poderia ser um fator na explicação das diferenças políticas, conforme constatam Luthi e Wustenhagen (2012). Tanto os agentes do setor público como do setor

⁷ Cotas: Compra de uma secção de um sistema solar.

⁸*Feed-in-tariff*: Remuneração pelo estado na produção de energia elétrica de baixa tensão com possibilidade da entrega de energia á rede publica.

privado devem envolver-se para financiar a transformação global dos mercados energéticos rumo à sustentabilidade. Nesta perspectiva, políticas bem concebidas diminuem o risco nas decisões de investimento, que por sua vez tem influência no custo de capital dos promotores de projetos de ER (Jager & Rathmann, 2008), uma vez que reduz o prêmio de risco (Luthi & Wustenhagen, 2012). No entanto os investidores privados têm sido bastantes relutantes em investir, deparam-se com barreiras económicas, principalmente os custos iniciais do investimento. As comparações de custos para as tecnologias de energia solar para fornecedores e consumidores são feitas contra tecnologias convencionais estabelecidas com experiência acumulada na indústria, economias de escala e incontáveis custos de externalidades. As tecnologias de energia solar, portanto, enfrentam um campo de jogo desigual, mesmo que os benefícios de segurança energética, sociais, ambientais e de saúde não sejam contabilizados nos cálculos dos custos (Timilsina et al., 2012).

O financiamento é outra barreira crítica. As instituições financeiras consideram que as tecnologias de energia solar apresentam riscos elevados ao avaliar a sua capacidade de crédito, isso acontece porque os projetos têm um histórico curto, longos períodos de retorno e pequeno fluxo de caixa (Goldman et al., 2005). A literatura que aborda as questões do financiamento no setor das energias renováveis é vasto e cobre uma variedade de tópicos: por exemplo, a análise de diferentes conceitos de financiamento (Mills & Taylor, 1994), (Derrick, 1998), as características dos investidores institucionais (Wustenhagen & Teppo, 2006), ou o processo de decisão do investidor (Wustenhagen & Menichetti, 2012), avaliação do custo do capital para investimentos em energias renováveis (Sadorsky, 2012), ou barreiras financeiras e instrumentos políticos para induzir o investimento em ER (Painuly, 2001). Observa-se também a relutância do setor privado para o investimento que é obstruído por barreiras, como rácios de risco/retorno desfavoráveis, mercados da eletricidade e de capitais bastante regulamentados, estruturas administrativas subdesenvolvidas em muitos países em desenvolvimento, e mecanismos de financiamento internacional fragmentados (WBGU, 2012)

O investimento em redes e infraestruturas de armazenamento ER, varia de país para país: nos países industrializados onde o mercado é liberalizado os responsáveis pelas redes e infraestruturas de armazenamento são as operadoras privadas, nos países em desenvolvimento são sobretudo as empresas estatais, no caso de investimento na produção de ER, são principalmente as empresas de produção de energia ou empresas de

desenvolvimento de projetos. No caso da produção de energia descentralizada são empresas industriais e famílias.

A maioria destes investimentos são financiados recorrendo ao mercado de capitais, uma vez que muitas famílias e empresas não dispõe de recursos financeiros suficientes, dependendo de financiamento externo (WBGU, 2012). A este propósito, Holstenkamp e Ulbrich (2010) propõem a constituição de cooperativas de energia, são um modelo altamente promissor para financiar a capacidade de geração de ER, até porque podem impulsionar a adesão pública. Cidadãos, instituições locais e por vezes empresas de serviço público, juntam-se para formar cooperativas de energia a fim de operarem em conjunto uma central geradora de energia. São financiados por capitais próprios e capitais alheios, aos quais uma cooperativa tem mais probabilidades de ter acesso do que os particulares, podendo participar no planeamento e desenvolvimento de projetos futuros na sua região.

2.2 Modelos de Negócios

Desde meados da década de 1990, o conceito de modelo de negócio tem ganho um interesse crescente no mundo empresarial e académico (Zott et al., 2011). Magretta (2002) descreveu o modelo de negócio como nada mais do que uma história de como uma empresa funciona. No geral, o sucesso depende de encontrar uma boa história.

Casdesus-Masanell e Ricart, (2011) afirmaram que um modelo de negócio é composto por decisões e consequências e definiram três características comuns dos modelos de negócios bem-sucedidos: em primeiro lugar, o modelo de negócio deve ser alinhado com as metas da empresa; em segundo lugar, as decisões tomadas na estrutura do modelo devem complementar-se mutuamente: em terceiro lugar, um bom modelo de negócio deve ser capaz de superar ameaças ao longo do tempo. Chesbrough, (2002) definiu as funções dos modelos de negócios como articulação de proposta de valor, identificação do segmento de mercado, definição da estrutura da cadeia de valor, estimativa da estrutura de custos e potencial de lucro, descrição da posição da empresa dentro da rede de valores e formulação de uma estratégia competitiva. Teece, (2010) acrescenta que um modelo de negócio inclui identificar as necessidades dos clientes e a capacidade de pagamento, responder a essas necessidades e criar valor para eles. Os modelos de negócios servem muitas funções, incluindo trazer ao mercado novas tecnologias como as renováveis

(Huijben & Verbong, 2013) e servir como ferramentas de gestão para conceber, implementar, operar e controlar os negócios (Johnson, 2010).

Modelos de negócios inovadores ajudam a difundir rapidamente a tecnologia solar, reduzindo ou removendo barreiras de adoção (Drury, et al., 2012), no entanto a tecnologia por si só não tem valor, o valor económico de uma tecnologia permanece latente até a ser comercializada de alguma forma através de um modelo de negócio. A mesma tecnologia comercializada de duas formas diferentes irá gerar retornos diferentes (Chesbrough, 2010)

Não existe um conceito comum de “Modelo de Negócio” (Burkhart et al., 2011) no entanto, vários artigos sobre modelos de negócios solares convergem na definição de modelo de negócio de Osterwalder, et al. (2005), definido da seguinte forma:

- Proposta de valor – refere-se ao conjunto de produtos e serviços que cria valor para a empresa;
- Interface com o cliente – a relação da empresa com o cliente, nomeadamente, relacionamento com os clientes, segmento de clientes e canais de distribuição;
- Infraestrutura – descreve a arquitetura do processo de criação de valor da empresa inclui ativos, Know-how e parcerias; e
- Modelo de receita – representa a relação entre os custos para produzir a proposta de valor e as receitas geradas pela oferta da proposta de valor aos clientes.

O conceito do Modelo de negócio Canvas desenvolvido por Osterwalder e Pigneur (2010), tem sido amplamente utilizado por muitos autores na literatura de modelos de negócios relacionados com as ER. A necessidade de uma estrutura como o Modelo Canvas surgiu porque é simples e fácil de construir para pessoas de poucos conhecimentos comerciais (Leschke, 2013), tendo sido aplicado com sucesso em áreas relacionadas com a energia, em particular nas ER (Okkonen & Suhonen, 2010) e na eficiência energética (Paiho, 2015)

A tabela seguinte define um modelo de negócio constituído por nove blocos (Tabela 2)

Construção de Blocos	Descrição
Proposta de Valor	Bens e serviços oferecidos e a sua vantagem diferenciadora.
Atividades Chave	Atividades mais importantes na execução das propostas de valor.
Recursos Chave	Recursos necessários para criar valor para o cliente.
Parceiros Chave	Relações consideradas essenciais para a realização da proposta de valor.
Segmentos de Clientes	Mercados alvos específicos destinados a ser servidos.
Canais	Canais de distribuição propostos.
Relacionamento com os Clientes	Tipo de relações que a empresa deseja com os seus clientes.
Estrutura de Custos	Características da estrutura de custos e de despesas.
Fluxos de Caixa	A forma como a empresa vai ganhar dinheiro, como é pago e o preço.

Tabela 2: Modelo Canvas

Fonte: Osterwalder (2010) citado em Leschke, (2013)

O Modelo Canvas é um quadro visual para descrever os diferentes elementos de uma empresa e como ela funciona, ilustra qual o negócio, para e com quem, os recursos de que necessita para o fazer e como o dinheiro flui. Com base no estudo sobre o processo de desenvolvimento empresarial em várias organizações, Osterwalder e Pigneur (2010) concluíram que estas nove dimensões abrangem as decisões empresariais necessárias para abordar uma oportunidade empresarial.

O Modelo Canvas está dividido em nove blocos: proposta de valor, atividades chave, recursos chave, parceiros-chave, segmentos de clientes, canais, relacionamento com clientes, estrutura de custos e fluxos de caixa. Horvath e Szabo (2018) adotaram o Modelo Canvas como ferramenta de análise a três modelos de negócio diferentes de energia distribuída, e demonstraram como e em que medida estes modelos podem ultrapassar barreiras no processo de distribuição de energia. Também Gabriel e Kirkwood (2016) aplicaram o Modelo Canvas para analisar os fatores que podem influenciar as empresas de energias renováveis na escolha de num modelo de negócio; igualmente Strupeit e Palm (2016) num estudo realizado na Alemanha, Japão e EUA, utilizaram o conceito do Modelo Canvas como uma ferramenta analítica para investigar como diferentes modelos

de negócios podem facilitar a implantação de sistemas fotovoltaicos. O Modelo Canvas tem sido amplamente reconhecido pela comunidade empresarial e tornou-se uma estrutura globalmente utilizada para análise de modelos de negócio, isto porque, fornece planos flexíveis, pode facilmente satisfazer as exigências dos clientes, e tem a integridade da lógica, a expressão clara da imagem e uma forte operacionalidade (Ren, et al., 2015)

2.3 Opções de Financiamento e Modelos de Negócios de empresas de serviços solares

Tongsopit et al., (2015) identificaram quatro opções de financiamento para o mercado de painéis solares (com base nas fontes de financiamento) e dois modelos de negócios (com base na estrutura do modelo de negócio).

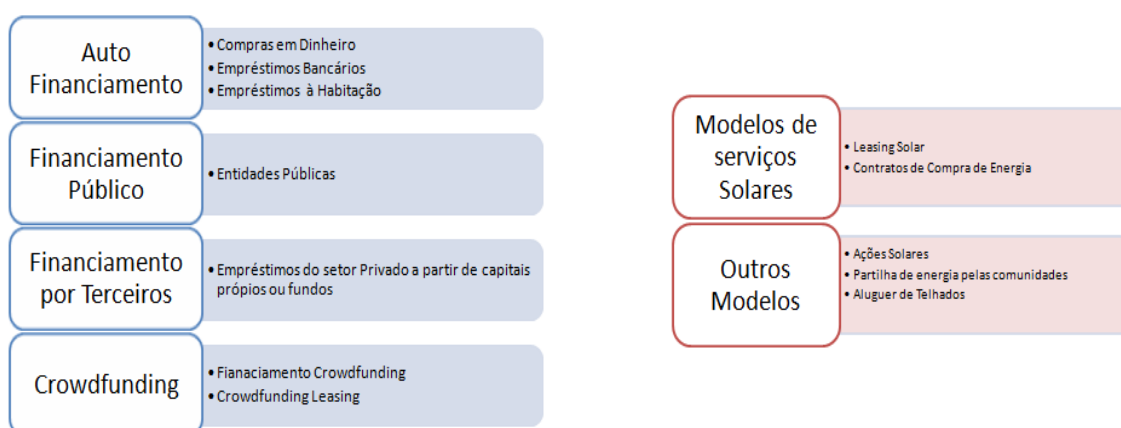


Figura 2: Fontes de financiamento e modelos de negócios

Fonte: Tongsopit et al., 2015

2.3.1 Opções de financiamento

O autofinanciamento é usado em todos os países como forma convencional de financiamento, onde o comprador adquire o bem com o seu próprio dinheiro. Proprietários de casas ou proprietários de edifícios assumem total responsabilidade pelo custo da instalação e manutenção dos sistemas fotovoltaicos, originando custos iniciais elevados, que inibem a adoção generalizada de instalações fotovoltaicas, especialmente em países em desenvolvimento.

Por outro lado, agências Governamentais e municípios, desempenham um papel importante na adoção de projetos de energia solar, através de programas de apoio à aquisição de painéis solares, com incentivos financeiros, como empréstimos a juros baixos, descontos e subsídios.

Para fomentar programas de apoio, os municípios necessitaram de emitir títulos de dívida ou através de fundos. Um exemplo de financiamento municipal bem-sucedido é o programa de Energia Limpa nos Estados Unidos (EUA) ou o projeto PEER – *Porto Energy ElevatoR* – liderado pela Agência De Energia do Porto, que prevê o desenvolvimento de soluções de tecnologia em áreas como a produção descentralizada, a otimização do carregamento para a mobilidade elétrica e a iluminação pública, que tem como objetivo acelerar, de forma efetiva e eficaz, a transição energética no Porto, envolvendo os cidadãos na mudança. O intuito do PEER é desenvolver o centro de energia do Porto com programas de renovação para combater a pobreza energética através da promoção da eficiência energética dos edifícios, nomeadamente nas intervenções de redução das necessidades energéticas dos edifícios (isolamento de janelas e portas, iluminação, sistemas eficientes de aquecimento e arrefecimento), comunidades de autoconsumo de energia renovável (desenvolvimento de comunidades energéticas que permitam gerar energia para autoconsumo) e integração de novos esquemas financeiros (esquemas financeiros alternativos e modelos de negócios que permitam combinar com as fontes de financiamento existentes e esquemas de financiamento inovadores).

Entretanto, o financiamento de terceiros tem sido o responsável pelo rápido aumento de sistemas solares no mercado residencial (EUA, Japão), aqui incluindo as modalidades do leasing solar e dos contratos de compra de energia nos EUA. Os incentivos fiscais existentes nos EUA incentivaram este tipo de financiamento ao permitir a transferência de benefícios fiscais para os investidores. Grandes empresas como a Google ou o CitiBank financiaram a instalação de sistemas solares através de leasing e através de empresas de contratos de compra de energia (Feldman & Lowder, 2014). Embora o leasing solar possa ser considerado uma forma de financiamento, também pode ser um modelo de negócio. O leasing solar oferece financiamento para que os clientes possuam ou tenham acesso a sistemas solares que exigem rendas mensais e sem custo inicial. No entanto, pode ser considerado um modelo de negócio, uma vez que está estruturado para fornecer valor aos clientes através da oferta de serviços de crédito, serviço de operação e manutenção (O&M) e garantias do desempenho.

Por fim, no que respeita a meios de financiamento, segundo Mollick (2014), *Crowdfunding* consiste nos esforços de indivíduos ou grupos empresariais – culturais, sociais e com fins lucrativos – para financiar os seus projetos, recorrendo a contribuições relativamente pequenas de um número relativamente grande de indivíduos que utilizam a internet, sem os usuais intermediários financeiros; segundo Schvienbacher e Larralde (2010) consiste num apelo aberto, essencialmente através da internet, para o fornecimento de recursos financeiros quer sob a forma de doação, ou sob a forma de recompensa e/ou direitos de voto, a fim de apoiar iniciativas para fins específicos.

O *crowdfunding* solar é um instrumento financeiro em que os fundos de investimento aplicado nos sistemas solares são angariados na internet a investidores individuais. As empresas que gerem as plataformas de *crowdfunding* de sistemas solares, angariam pequenos investimentos de muitos investidores individuais. Os investidores recebem os juros do valor investido e são ressarcidos do valor total investido no fim do período determinado. A plataforma de *crowdfunding* Housers, a operar em Portugal desde 2017, que começou no setor imobiliário em Espanha, Itália e Portugal, lançou um projeto de investimento em energias renováveis, localizado na Polónia; este projeto consiste na concessão de um empréstimo participativo de 420 mil euros a uma empresa promotora para a construção, exploração e venda de energia solar, em que os investidores que participarem neste projeto, receberão todos os meses o montante correspondente á taxa de juro acordada com o promotor, seguido da respetiva devolução do capital do empréstimo.

Entretanto Tongsopit et al. (2016) identificaram dois modelos de negócios adaptados ao caso concreto da energia solar, segundo a sua estrutura: Modelo Serviço Solar e Outros Modelos.

2.3.2 Modelos de negócio de serviço solar

Nos modelos de negócios de energia solar ela é vendida como um serviço, mas o sistema é propriedade da empresa que fornece o serviço. Os clientes recebem o valor do serviço, sob a forma de eletricidade, é garantido o desempenho do sistema solar e o serviço de O&M (*operations and maintenance*). Neste modelo, a empresa comercial é proprietária do sistema fotovoltaico que opera na propriedade do cliente. A eletricidade gerada pelo sistema é utilizada pelo cliente (modelo leasing solar) ou vendida ao cliente (modelo contrato de compra de energia – PPA (*Power Purchase Agreement*) - (Bolinger, 2009).

As empresas de serviços solares instalam, operam e fazem a manutenção dos painéis solares nas instalações do cliente final, vendendo apenas a eletricidade ao cliente. Os modelos de negócio das empresas de serviços solares tendem para a agregação (ou seja, uma única empresa cumpre várias das funções ao longo da cadeia de valor) ou para a desagregação (as funções ao longo da cadeia de valor são, na sua maioria cumpridas por parceiros estratégicos). A energia solar é efetivamente disponibilizada como um serviço, e não como um produto, daí que as empresas que criam estas ofertas sejam frequentemente denominadas de empresas de serviços solares. Normalmente assumem um papel de intermediário entre os fabricantes de painéis solares e os clientes finais (Overholm, 2014).

O mercado de serviços solares teve origem nos EUA por volta de 2005 (Drury, et al., 2012) e tem crescido rapidamente desde então. O modelo de negócio está bem-adaptado a uma gama de tecnologias verdes, que se caracterizam, segundo Wustenhagen e Menichetti (2012), por um perfil de investimento diferente, os custos iniciais, tanto para os painéis solares como para outras tecnologias energéticas de pequena escala, são uma mistura de custos de aquisição da própria tecnologia, custos de instalação e custos potenciais de aprendizagem. O lado positivo é que muitas tecnologias de energia limpa precisam de menos *input* do que as alternativas convencionais para funcionar, criando assim um custo operacional muito reduzido. No caso de uma instalação de painéis solares, a luz solar é o único *input*, e os custos operacionais são constituídos exclusivamente pela manutenção. No entanto, este perfil de custos, que é elevado no início, pode dissuadir muitos clientes. O modelo de negócio de serviço solar, resolve este problema eliminando o custo de investimento inicial dos clientes, assumindo os esforços iniciais de seleção, instalação e obtenção de licenças para a tecnologia e assumindo total responsabilidade pela operação e manutenção a longo prazo dos painéis solares (Overholm, 2014).

Existem ainda outros modelos de negócio como:

- Ações Solares: um programa implementado pelo município de Sacramento chamado Solarshares, onde os clientes podem pagar uma taxa fixa mensal para obter ações de um sistema solar local, em troca recebe um crédito que pode ser utilizado para compensar a sua fatura de eletricidade (Coughlin & Cory, 2009).

- Aluguer de Telhado: o aluguer de telhados é também um modelo popular em países com FIT (*Feed-in Tariff*)⁹, em que a empresa aluga um telhado para instalar e operar um sistema solar e vende a eletricidade para a rede recebendo o incentivo (FIT). O proprietário do telhado receberá os benefícios quer através da partilha dos lucros, quer através do pagamento do aluguer do telhado.

- Partilha de energia pela comunidade: é definido por Asmus (2008) como um modelo de negócio onde múltiplos utilizadores – sem recursos para obter sistemas solares ou local para instalar – podem comprar uma parte da energia produzida por um sistema solar. Disponibiliza aos consumidores energia elétrica produzida em parques solares, sem necessidade de eles terem que instalar nas suas propriedades, oferecendo benefícios a quem não pode instalar painéis solares, seja porque não são proprietários da habitação ou vivem em habitações multifamiliares, ou porque não têm espaço suficiente no telhado, também oferece benefícios para os investidores, no aproveitamento de créditos fiscais (Augustine & McGavisk, 2016). Este modelo oferece uma alternativa rentável que permite utilizar energias renováveis através de uma rede virtual. O modelo empresarial de partilha de energia pela comunidade é uma oportunidade atrativa para os serviços públicos, permitindo-lhes realizar economias de escala através de projetos maiores (Feldman, et al., 2015).

Outros estudos consideram como modelos de negócio de sistemas solares a capacidade instalada de energia, consideram três modelos: o modelo de FIT, modelo de unidades de produção e unidades de produção para autoconsumo com venda do excesso produzido para a rede (Zhang, 2017; Wang, 2013)

2.4 Digitalização e descentralização

A digitalização do sistema energético representa um dos principais instrumentos para alcançar os objetivos fixados pela União Europeia na agenda energética para 2030. Nos últimos anos o processo de inovação está associado ao termo “*Smart Grid*”, que introduz a possibilidade de adoção de novos comportamentos – enquanto atualmente os consumidores assumem um comportamento passivo na compra e receção da energia da rede – através da gestão do consumo e produção de energia, adotando uma postura empreendedora e proactiva (Zafar, et al., 2018), e a integração de Recursos Energéticos

⁹ Feed-in Tariff – remuneração garantida pelo Estado na produção de energia elétrica de baixa tensão com possibilidade de entrega de energia á rede pública. (DGEG, 2018)

Distribuídos (DER) (Sousa, et al., 2019), juntamente com avanços dos dispositivos de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) (Zhang et al., 2018) estão a induzir novos comportamentos por parte dos consumidores de eletricidade que produzem, consomem e partilham a energia com outros utilizadores da rede denominados de “*prosumers*” (Luo et al., 2014), contribuindo para um aumento no investimento em ER (Castellini et al., 2019), além disso, a participação dos *prosumers* nas redes inteligentes assume um papel importante segundo Luthander et al. (2018), para a sustentabilidade e eficiência a longo prazo no processo de partilha de energia.

As redes inteligentes permitem a troca ativa de energia produzida localmente entre os membros da comunidade, praticamente em tempo real, trazendo novas oportunidades e desafios aos mercados de energia elétrica, surgindo uma nova proposta para a conceção e operação de mercados de eletricidade, denominados “peer-to-peer” (P2P) (Sousa, et al., 2019), estes sistemas de energia descentralizados que permite a troca de energia entre agentes, que como consumidores podem comprar energia da rede nacional ou comprar energia a outro agente. Como produtores autoconsumir a energia produzida, colaborar no mercado energético local para o equilíbrio da rede, vendendo toda a energia produzida ou vender apenas a energia excedente, ou ainda vender a outro agente. Esta flexibilidade permite optar por uma estratégia de produção/consumo eficiente, permite contribuir para uma poupança de energia significativa e para cobertura do risco de investimento (Castellini et al., 2019).

A comunicação avançada e a troca de dados entre as diferentes partes da rede elétrica são cada vez mais necessárias, tornando a gestão e a operacionalidade das redes cada vez mais desafiantes. Técnicas de gestão e controle local distribuído são necessárias para acomodar essas tendências de descentralização e digitalização; dar aos gestores do setor da energia e às empresas de serviços públicos soluções para os desafios da indústria da energia com a utilização de tecnologia de razão distribuída (DLT) ou blockchain, têm o potencial de melhorar a eficiência das práticas e processos de energia atuais e podem acelerar o desenvolvimento de plataformas IoT (*Internet of Things*).

As aplicações digitais, podem fornecer inovação no comércio de energia P2P e na geração descentralizada (Burger et al., 2016), devido a sua natureza inerente, podem fornecer uma solução promissora para controlar e gerir sistemas de energia complexos cada vez mais descentralizados e micro redes, fornecendo plataformas de negociação inovadoras, onde os *prosumers* e os consumidores podem negociar de forma a trocar o excedente de energia

ou a procura flexível numa base P2P (Mengelkamp, et al., 2018). As tecnologias de blockchain podem ser aplicadas a uma variedade de operações e processos numa empresa de produção de energia, vários estudos mencionam as potencialidades e as aplicações da tecnologia blockchain nos modelos de negócios, conforme descrito de seguida:

- Faturação – contratos inteligentes e medição inteligente podem realizar automaticamente a faturação para consumidores e para produtores distribuídos. As empresas de serviços públicos podem beneficiar do potencial para micro pagamentos de energia, soluções pré-pagas ou plataformas de pagamento para medidores pré-pagos (Indigo Advisory Group, 2017)
- Vendas e marketing – As práticas de vendas podem mudar de acordo com o perfil energético dos consumidores, preferências individuais e preocupações ambientais. Blockchain em combinação com técnicas de inteligência artificial (IA), podem identificar padrões no consumidor e, portanto, fornecendo produtos de energia personalizados (Mengelkamp, et al., 2018)
- Negociação e mercados – Plataformas de negociação blockchain podem intervir nas operações de mercados, por exemplo, na gestão do mercado grossista, transações comerciais de mercadorias e gestão de risco. Os sistemas blockchain estão atualmente a ser desenvolvidos para o comércio de certificados verdes (Grewal-Carr & Marshall, 2016)
- Automação – Podem melhorar o controlo de sistemas descentralizados de energia e micro redes. A adoção dos mercados de energia pela comercialização de P2P, aumenta a autoprodução e o autoconsumo de energia, com influência nas receitas e tarifas (Indigo Advisory Group, 2017)
- Aplicações *smart grid* e transferência de dados - Potencia a comunicação de dispositivos inteligentes, transmissão ou armazenamento de dados, fornecendo uma maior segurança na transmissão de dados (Burger et al., 2016).
- Gestão da rede – Auxilia na gestão das redes descentralizadas, flexibilizando os serviços ou a gestão de ativos, que permitiria uma otimização dos recursos, que por sua vez, levaria a tarifas e preços mais reduzidos (Andoni, et al., 2019).
- Gestão da segurança e identidade – A criptografia transfere segurança á rede e proporciona total transparência a todos os participantes, mantendo ao mesmo tempo, a privacidade de cada ator (Voshmgir, 2020).

- Partilha de recursos – Blockchain oferece soluções de cobrança para a partilha de recursos entre os múltiplos utilizadores (Andoni, et al., 2019).
- Concorrência – Contratos inteligentes simplifica e agiliza a troca de fornecedores de energia. A mobilidade no mercado permite uma maior concorrência e redução nas tarifas energéticas (Burger et al., 2016).
- Transparência – Registos imutáveis e processos transparentes, permitem que auditorias e os procedimentos regulamentares sejam mais eficazes (Burger, et al., 2016; Indigo Advisory Group, 2017; Andoni, et al., 2019).

Espera-se que projetos de energia locais e comunitários desempenhem um papel cada vez mais importante nos sistemas de energia, de acordo com Berka e Creamer (2018), os projetos de energia de propriedade local têm um grande potencial para gerar benefícios socioeconómicos e ambientais para as comunidades envolvidas.

Numa investigação realizada por Andoni et al., (2019) identificaram mais de 140 projetos de inovação em Blockchain e iniciativas de pesquisa na área da energia. Diferentes casos de utilização da Blockchain 1.0 encontram-se no projeto-piloto e nas primeiras fases de implementação. Um dos projetos consiste em contadores inteligentes pré-pagos que só fornecem energia ao cliente após terem carregado as suas contas e transferido o dinheiro para o fornecedor de eletricidade, uma espécie de minicontrato inteligente. Este sistema traz benefícios para o fornecedor ao criar disciplina de pagamento dos seus clientes, mas também pode ter vantagens para os consumidores residenciais.

Em países com elevadas taxas de inflação, os pagamentos resultam em menores despesas para eles se tiverem pago adiantado, impedindo qualquer acumulação de dívida. Esta ideia foi desenvolvida por uma *start-up* sul-africana chamada Bankymoon. A Bankymoon também utiliza o Bitcoin como moeda criptográfica para realizar transações de pagamentos à distância. Outro caso é a SolarCoin que criou uma moeda indexada ao valor da eletricidade, semelhante às reservas de ouro que supostamente estabilizam as moedas fiduciárias. O pressuposto da criação da moeda digital denominada Deko, é que a energia elétrica sob forma de unidade Kw/h entregue – um Deko – pode ser um ativo mais estável para suportar uma moeda do que o ouro ou a dívida (Gogerty & Zitoli, 2011). Qualquer proprietário de um sistema solar que se regista online com dados que comprovam a existência e o funcionamento da sua instalação solar, pode reclamar as suas moedas solares (Kastelein, 2016).

Portanto, o grande número de empresas de energia e concessionárias que estão atualmente envolvidas em projetos DLT (*Distributed Ledger Technologies*), bem como o interesse dos investidores nesta área, demonstra claramente o potencial desta tecnologia emergente para a indústria da energia, no entanto, o valor real de longo prazo, ainda precisa de ser comprovado, especialmente porque a maioria das iniciativas testou a tecnologia em projetos de pequena escala que ainda estão numa fase de desenvolvimento (Andoni, et al., 2019)

**CAPÍTULO III – EVOLUÇÃO REGULAMENTAR DO SISTEMA
ELÉTRICO NACIONAL**

3.1 Introdução

A crescente preocupação com a sustentabilidade e segurança energética e da importância cada vez maior da preservação do meio ambiente, levou a UE (União Europeia) à adoção do pacote legislativo de “Energia Limpa para todos os Europeus” em maio de 2019 (Diretiva (UE) 2018/2001 Do Parlamento Europeu e do Conselho de 11 de Dezembro de 2018).

A presente diretiva visa concretizar os compromissos assumidos no âmbito do Acordo de Paris de 2015 sobre Alterações Climáticas, na sequência da 21.ª Conferência das Partes na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (COP 21), e cumprir o quadro da ação da União relativo ao clima e à energia para 2030, bem como a meta vinculativa para reduzir as emissões em, pelo menos, 40% relativamente aos níveis de 1990 até 2030

O novo quadro regulamentar do mercado da eletricidade da UE pretende torná-lo competitivo, centrado no consumidor e flexível.

3.2 Panorama Nacional

A evolução do setor elétrico em Portugal teve muitos avanços e recuos, mas tem início no sec. XIX. Nas décadas de 50 e 60, o setor energético em Portugal mudou para que a eletricidade chegasse a todos, o estado português com políticas de apoio à eletrificação, através de participações, a que podiam recorrer municípios, federações de municípios e concessionários privados, foram construídas redes de transporte, centrais térmicas, redes de distribuição de energia rural e urbana. Nos finais de 60, o estado decide criar a Companhia Portuguesa de Eletricidade (CPE), com a unificação das concessionárias de aproveitamentos hidroelétricos, de empreendimentos termoelétricos e de transporte de energia, tornou-se na maior empresa no setor. Em meados dos anos 70, o setor elétrico passou por uma nova fase: a nacionalização. A nacionalização e fusão das principais empresas do setor elétrico Português em 1976, deu origem à EDP, transformou o setor elétrico português num monopólio, ao ser responsável pela produção, transporte e distribuição de energia, mais tarde, com a crise petrolífera na década de 80, o estado português incentivou a produção de Fontes de Energia Renováveis, com a publicação do Dec. Lei (DL) nº 189/88, de 27 Maio, este diploma legislativo tinha como objetivo a diminuição de dependência externa de Portugal em energia primária, criando as condições necessárias e estabelecendo os incentivos adequados para potenciar o aproveitamento dos

recursos endógenos nomeadamente as fontes renováveis, o aproveitamento de resíduos industriais, agrícolas ou urbanos, bem como a produção de eletricidade e calor simultaneamente através da cogeração.

Em 1995 com a publicação da Diretiva 96/92/CE, de 19 de dezembro, define-se regras comuns, com o objetivo de harmonizar e liberalizar o mercado interno da energia da UE. Em Portugal, inicia-se o processo da liberalização do setor elétrico, com a reprivatização da EDP, originando uma empresa *holding*, e pela liberalização do acesso às atividades de produção e distribuição.

É concretizado o Sistema Elétrico Nacional (SEN) baseado na simultaneidade de um Sistema Elétrico de Serviço Público (SEP) – Sistema Regulado e de um Sistema Elétrico Independente ou não Vinculado (SENV). Conjuntamente, é introduzido a regulação do setor através da criação de uma entidade administrativa independente, a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) (Pereira, 2003).

Nos finais dos anos 90, o negócio da eletricidade em Portugal define-se por ter um operador único, que produzia e vendia energia elétrica no mercado regulado existente, a uma tarifa definida pela ERSE. Esta tarifa pagava as diferentes atividades da cadeia de valor, permitia os acertos dos desvios previsionais de anos anteriores e incluía ainda os custos de interesse económico geral (medidas de eficiência energética e de energias renováveis)

Entretanto, em novembro de 2000, nasceu a REN, com a autonomização jurídica das atividades de transporte e gestão global do sistema, responsabiliza-se pelo planeamento, projeto, construção, exploração e desativação das infraestruturas que integram a Rede Nacional de Transporte (RNT). Por outro lado, em consequência da diretiva 2003/54/CE, são publicados os Dec. Lei nº 184/2003 e 185/2003, onde se inicia a liberalização do sistema elétrico nacional que tinha por finalidade a criação de um mercado livre e concorrencial de energia, dando origem ao Mercado Ibérico de Eletricidade (MIBEL), que a 1 de julho 2007 começa a operar (Sousa, 2005)

Com o Dec. Lei nº 363/2007 de novembro de 2007, surge a opção de a eletricidade ser produzida pelo próprio consumidor, preponderantemente produzida para consumo próprio, mas com a possibilidade de entrega dessa energia à rede: microprodução. Este diploma estabelecia dois regimes ao qual o produtor poderia escolher, o regime bonificado e o regime geral, com tarifas remuneratórias diferentes.

Em 2014, com a diminuição dos custos dos sistemas fotovoltaicos e a redução do preço de venda do KWh para os produtores, tornou-se urgente a criação de legislação que regulamentasse o autoconsumo, terminando com as tarifas subsidiadas e possibilitando o consumo da energia produzida no próprio local (Oliveira, 2017).

O reconhecimento pelo Estado Português da potencialidade da produção descentralizada através de unidades de mini produção e de microprodução, que em conjunto com a evolução tecnológica, permite desenvolver projetos com recurso a menor investimento pelos consumidores, induzindo comportamentos de eficiência energética e contribuindo ainda para a otimização dos recursos (Ministério do Ambiente, 2014).

Neste contexto, nasce um novo diploma o Dec. Lei nº 153/2014 de 20 outubro, que regula o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade destinada ao autoconsumo, com ou sem ligação à rede elétrica pública. Este elemento legislativo regulamenta o autoconsumo de energia elétrica, permitindo que cada consumidor seja elegível para produzir a sua própria energia elétrica após um registo prévio e a posterior obtenção de um certificado de exploração. O principal objetivo deste Dec. Lei visa promover o regime de produção distribuída, regulamentando a produção de energia elétrica por intermédio de unidades de produção para autoconsumo na instalação de utilização (UPAC) e de unidades de pequena produção (UPP), o que se traduz numa série de vantagens, nomeadamente:

- Produção de eletricidade próxima dos locais de consumo, o que significa numa redução de perdas nas redes elétricas;
- Incentiva a produção de ER, principalmente fotovoltaica;
- Permite a entrada de novos produtores, democratizando o mercado;
- Promove o funcionamento em teia das unidades de produção, o que traduz num aumento da fiabilidade no abastecimento de energia elétrica;
- Dinamiza a indústria;
- Promove a criação de novos serviços e postos de trabalho e contribui para formação, qualificação, e desenvolvimento de recursos técnicos.

Devido á evolução que se registou a nível europeu, operada nomeadamente pela Diretiva (EU) 2018/2001, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de dezembro de 2018, relativa à promoção da utilização de energia de fontes renováveis. Este diploma acentua a importância do autoconsumo de eletricidade renovável, consagrando a definição dos conceitos de autoconsumidores de energia renovável e de autoconsumidores de energia

renovável que atuam coletivamente, bem como de comunidades de energia renovável (Presidência do Conselho de Ministros, 2019), introduzindo um quadro normativo que permite a estes, produzir, consumir, armazenar, partilhar e vender eletricidade sem serem confrontados com encargos desproporcionados.

O regime jurídico Dec. Lei nº 162/2019 de 25 de Outubro, que regula o autoconsumo de energia renovável, transpõe parcialmente a Diretiva 2018/2001, demonstra a ambição de Portugal para estar na vanguarda da transição energética, materializando-se em metas ambiciosas para 2030, que foram definidas no âmbito no Plano Nacional de Energia-Clima para o horizonte 2021-2030, nomeadamente a de alcançar uma quota de 47% de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto, esta meta implica que no setor elétrico as renováveis contribuam com pelo menos 80%.

3.3 Estrutura do Setor Elétrico Nacional

As alterações legislativas ocorridas em 1995 impulsionaram o processo de privatização das diversas empresas participadas pela *holding* EDP, SA. Este processo iniciou-se com a particularidade de a privatização ter incidido sobre a própria *holding*. Em 2000, após a maioria do capital social da EDP, SA, estar já privatizado, o Governo decide então criar a empresa REN, SA, á qual ficou concessionada a RNT, adquirindo 70% do seu capital. Esta decisão permitiu autonomizar a atividade de transporte e reforçar as condições de isenção e transparência do operador de sistema.

O modelo estrutural do SEN até à data de entrada em vigor do Dec. Lei nº 15/2022 de 14 de janeiro de 2022 está ilustrado na Figura 2, divide-se em cinco atividades principais, exercidas de forma independente, nomeadamente:

- Produção
- Transporte
- Distribuição
- Comercialização
- Operação dos Mercados Organizados.

Em regime de livre concorrência funcionam as atividades de produção e comercialização, enquanto as atividades de transporte e distribuição funcionam mediante atribuição de concessões de serviço público.

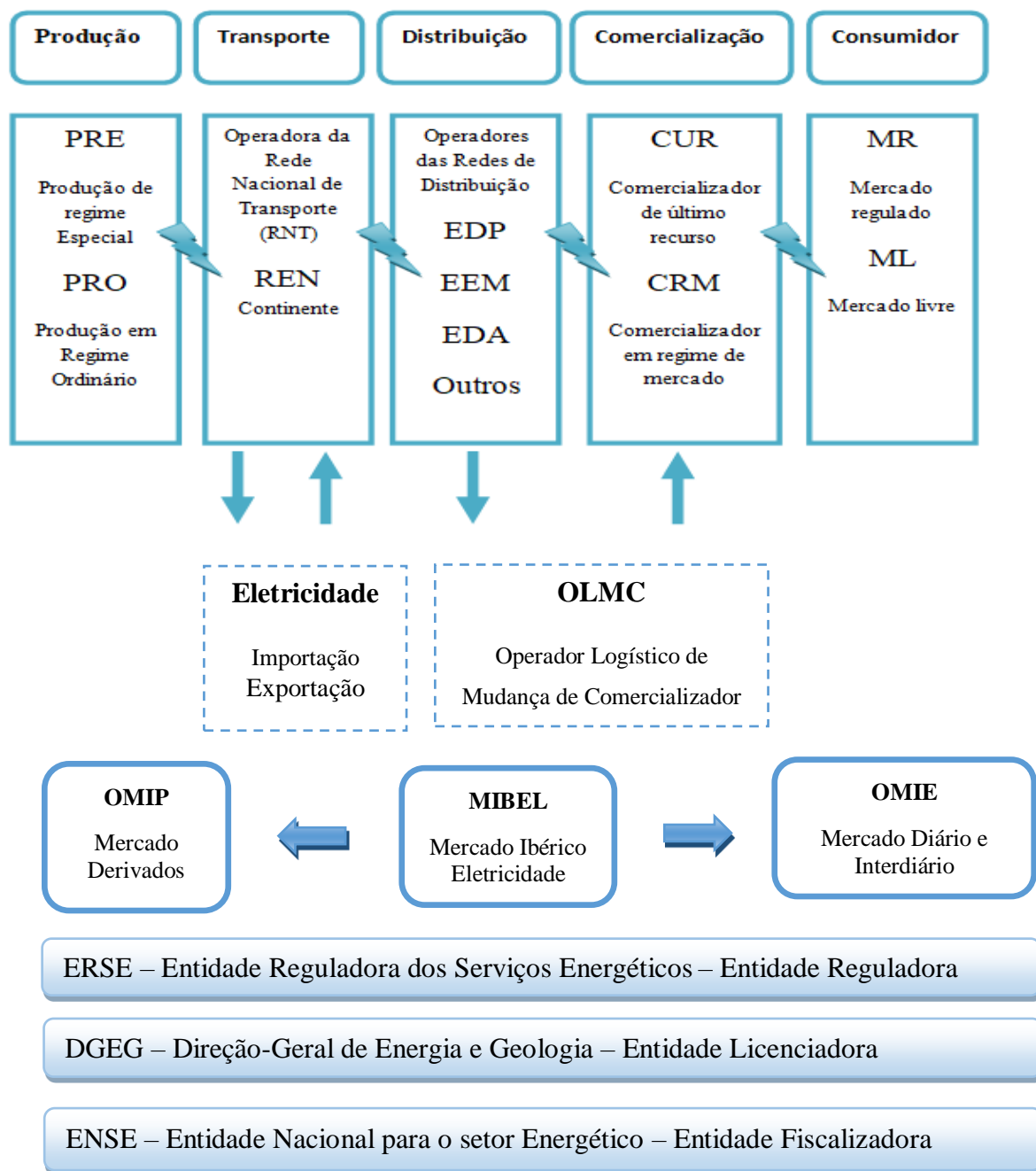


Figura 3: Estrutura do sistema elétrico nacional

Fonte: Portugal Energia

3.3.1 Produção

A produção de eletricidade está aberta à concorrência, com dois regimes legais:

- Produção em Regime Ordinário (PRO) – inclui as centrais térmicas a partir de combustíveis como o gás natural, o fuelóleo, o carvão e grandes centros eletroprodutores hídricos.
- Produção em Regime Especial (PRE) – inclui a produção de energia elétrica através de recursos endógenos, renováveis e não renováveis, de tecnologias de produção combinada de calor e de eletricidade (cogeração) e de produção distribuída.

A atividade de produção de eletricidade em regime de mercado está associada a um mercado grossista, em que os agentes de mercado presentes na produção asseguram a sua colocação e os agentes de mercado que necessitam de se abastecer procuram adquirir eletricidade, seja para satisfazer clientes finais, seja para consumo próprio.

3.3.2 Transporte

A atividade de transporte é realizada pela RNT, ao abrigo de uma concessão exclusiva concedida pelo estado português. Como a eletricidade é difícil de armazenar, a produção tem de ser gerida em tempo real para responder ao consumo, esta tarefa complexa, que exige equipas e tecnologia de grande especificidade, chama-se Gestão Global do Sistema e é feita pelo operador da rede de transporte (ERSE, 2021).

3.3.3 Distribuição

As redes de distribuição asseguram o trânsito de eletricidade entre a rede nacional de transportes e os consumidores. Consiste na rede de Média Tensão (MT), Alta Tensão (AT) e Baixa Tensão (BT). A RND é operada através de uma concessão exclusiva atribuída pelo estado português à subsidiária do grupo EDP, E-Redes. As suas principais competências consistem em assegurar a exploração e a manutenção da rede de distribuição em condições de segurança, qualidade e fiabilidade de serviço, assim como gerir os fluxos de eletricidade na rede.

Tal como a REN, a E-redes também pode relacionar-se com os utilizadores das respetivas redes, através das tarifas reguladas pela entidade reguladora, ERSE (ERSE, 2021).

3.3.4 Comercialização

Com a liberalização do setor, a atividade de comercialização de energia elétrica foi aberta aos agentes de mercado que preencham os requisitos necessários. Os comercializadores, que formam as suas ofertas comerciais livremente, adquirem eletricidade aos produtores no mercado grossista e vendem-na aos clientes, pagando aos respetivos operadores, as tarifas reguladas de acesso às redes, definidas pela ERSE.

Para fornecer eletricidade em zonas/segmentos onde não existam propostas no mercado livre, aos consumidores economicamente vulneráveis ou a clientes cujo comercializador em mercado livre ficou impedido de exercer atividade, existem comercializadores de último recurso (CUR).

A liberalização do setor originou uma separação jurídica entre a atividade de comercialização e de distribuição. Esta alteração permitiu aos comercializadores terem direito de acesso às redes de transporte e distribuição.

3.3.5 Operação dos mercados organizados

Os mercados organizados de eletricidade operam em regime livre e estão sujeitos a autorizações concedidas conjuntamente pelo ministro das Finanças e pelo ministro responsável pelo setor elétrico.

A organização do SEN (Sistema Elétrico Nacional), consiste na coexistência do mercado liberalizado e do mercado regulado. Os agentes económicos podem estabelecer contratos com o comercializador regulado, ou negociar diretamente com os comercializadores que atuam no mercado liberalizado.

3.4 A organização e o funcionamento do SEN

A entrada em vigor do Dec. Lei nº 15/2022 de 14 janeiro de 2022, veio estabelecer o novo regime jurídico do SEN, este diploma pretende dotar o SEN dos instrumentos que permitam assegurar, entre o mais, a sua transição de um sistema assente em produção centralizada, para um modelo descentralizado que incorpora a produção local, as soluções de autoconsumo, a gestão ativa de redes inteligentes e assegura a participação ativa dos consumidores nos mercados.

Atendendo a que o cumprimento dos referidos objetivos implica necessariamente uma alteração do padrão do SEN, o novo diploma introduz alterações que impactam o regime

de todas as atividades do setor elétrico, nomeadamente: a atividade administrativa de controlo prévio das atividades do SEN; o planeamento das redes; a introdução de mecanismos concorrenciais para as atividades do SEN; a participação dos consumidores na produção e nos mercados; e introdução de novas realidades como o reequipamento, os híbridos ou a hibridização e o armazenamento.

Com este diploma o SEN passa a integrar as seguintes atividades:

- Produção de eletricidade;
- Armazenamento de eletricidade;
- Gestão técnica global do SEN;
- Gestão técnica das redes de distribuição;
- Transporte de eletricidade;
- Distribuição de eletricidade;
- Comercialização de eletricidade;
- Agregação de eletricidade;
- Agregação de último recurso;
- Comercialização de último recurso;
- Gestão de risco e garantias no SEN;
- Emissão de garantias do SEN;
- Operação logística de mudança de comercializador e de agregador de eletricidade;
- Operação de mercados organizados de eletricidade e outras atividades relacionadas com a prestação de serviços no âmbito dos mercados e a operação de redes de distribuição fechadas.

**CAPÍTULO IV – APLICAÇÃO DO MODELO DE NEGÓCIO CANVAS ÀS
EMPRESAS DE SERVIÇOS SOLARES E AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE
INVESTIMENTO**

4.1 Modelo Canvas aplicado às empresas de serviços solares

Nesta secção descrevemos os modelos de negócio das empresas de serviços solares, utilizando o modelo de negócio Canvas na perspectiva das empresas, considerando as características comuns dos modelos Leasing solar e PPA (Figura 4).



Figura 4: Modelo Canvas de empresas de serviços solares a operar sob o modelo de leasing solar ou o modelo PPA

Fonte: Elaboração própria

4.1.1 Proposta de Valor

Os elevados investimentos iniciais e um longo período de retorno podem influenciar negativamente a procura de painéis solares, o benefício destes modelos é que os clientes podem beneficiar de energia verde sem pagar os custos iniciais e poupar na fatura de eletricidade desde o primeiro mês (Zhang S. , 2016), o custo da eletricidade torna-se previsível durante a vigência do contrato (até 25 anos), minimizando o risco e custos operacionais. A diferença é que segundo o modelo PPA, o cliente concorda em comprar eletricidade ao promotor a uma determinada tarifa durante um determinado número de anos. No modelo de leasing solar, os clientes recebem energia solar de baixo custo gerada

pelo sistema solar, o excedente de energia é vendido á rede, sendo repartido pelo promotor e cliente, o rendimento gerado é dividido com base na proporção acordada pelas partes. Os clientes recebem energia solar a um preço bastante competitivo, mais baixo do que o normal preço da eletricidade (Drury et al., 2012; Zhang, S., 2016).

4.1.2 Relacionamento com os clientes

As empresas de serviços solares constroem relações de longo prazo com os seus clientes, como tal necessitam de estabelecer um serviço de apoio ao cliente com contactos pessoais, serviços de consultoria e apoio técnico através de múltiplos canais como o website da empresa e outros contactos online, que também estão disponíveis para captar clientes, e construir e manter relações com os clientes.

4.1.3 Segmento de Clientes

De acordo com Drury et al., (2012) o segmento mais importante é o das famílias que não podem pagar os elevados custos iniciais, mas que gostariam de reduzir as suas contas de eletricidade e proteger o ambiente. Outro estudo realizado por Cai et al. (2019) na China também considerou os agregados familiares com poucos recursos, que não podem suportar os custos iniciais elevados, mas gostariam de poupar na conta da eletricidade. Considerando ambos que os agricultores, as organizações públicas, e as empresas industriais e comerciais como outro segmento de clientes.

4.1.4 Canais

As empresas de serviços solares utilizam os vendedores para informar os potenciais clientes sobre as soluções que oferecem, esta relação direta permite compreender melhor as necessidades do cliente e fornecer-lhe a melhor proposta. O marketing (impresso ou online), os websites das empresas são também utilizados para destacar os produtos ou serviços e para apresentar formas de financiamento (Huijben & Verbong, 2013).

4.1.5 Parceiros Chave

Neste modelo os principais parceiros são os fabricantes de painéis solares e grossistas de componentes fotovoltaicos. Os bancos e instituições financeiras são importantes fontes de financiamento para as empresas promotoras, desempenhando um papel decisivo entre os parceiros chave (Zhang S. , 2016). No modelo PPA, a eletricidade excedente é vendida pela empresa promotora à rede, após a venda de eletricidade ao cliente, no modelo de leasing solar, os clientes venderão a energia em excesso à rede, pelo que o

estabelecimento de uma relação de cooperação com a empresa detentora da rede de transporte de energia é fundamental. Além disso, para diminuir o risco entre as empresas de serviços solares e os clientes, é também necessário cooperar com companhias de seguros. Podemos incluir consultores, escritórios de advogados e empresas de instalação e manutenção

4.1.6 Atividades Chave

As atividades chave são a venda de eletricidade e o aluguer do sistema fotovoltaico, isto implica que as empresas de serviços solares instalem o sistema fotovoltaico, obtenham as licenças necessárias, contactem as empresas de serviços para conectarem com a rede, assegurem o funcionamento do sistema fotovoltaico, de forma que forneça a energia suficiente ao cliente, realizem regularmente a manutenção do sistema e se necessárias reparações. As empresas oferecem também serviços adicionais, tais como monitorização do desempenho do sistema fotovoltaico (Huijben & Verbong, 2013; Drury et al. 2012; Zhang 2016). Realizam também atividades de marketing.

4.1.7 Recursos Chave

O modelo de serviços solares está associado a tarefas complexas de gestão de projetos, é essencial que possuam meios tecnológicos para gestão de projetos, monitorização do sistema e para as vendas (Strupeit & Palm, 2016). Uma base de dados de clientes desempenha um papel fundamental para as empresas alargarem a sua rede. Colaboradores com conhecimentos financeiros e tecnológicos para operar este modelo empresarial complexo (Huijben & Verbong, 2013)

4.1.8 Estrutura de Custos

A maioria das despesas está relacionada com a aquisição, instalação e manutenção dos painéis solares e custos de TI. Acrescenta-se os custos de marketing, custos das vendas, stock (componentes dos sistemas solares, por exemplo inversores), custos com o pessoal e custos de armazenamento.

4.1.9 Fluxos de Caixa

Nos termos do acordo de compra de energia, as empresas fornecem energia a um preço mais baixo do que o preço de mercado, calculada com base na geração por KWh (Zhang S. , 2016), a duração dos PPA pode variar de empresa para empresa, mas são geralmente válidos por períodos de 10-25 anos (Frantzis et al., 2008). Após o termo do contrato o

cliente pode escolher entre três opções: comprar o sistema solar, renovar o acordo ou a remoção do sistema solar pela empresa (Seel et al., 2014). No leasing solar, o cliente não paga pela energia produzida, mas aluga o equipamento e utiliza a energia gerada pelo sistema fotovoltaico. Isto significa pagamentos mensais de aluguer (Huijben & Verbong, 2013).

4.2 Fundamentos de avaliação de projetos de Investimento

A necessidade da análise da viabilidade económica e financeira de projetos de investimento para as empresas sempre foi importante, e fornece as informações necessárias para um julgamento ou uma decisão (Short et al. 1995). Apresentam-se de forma sintética os principais critérios de avaliação e seleção de projetos como: Valor Atual Líquido (VAL), Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), Período de recuperação do Investimento atualizado (PRIA), Índice Rendibilidade do Projeto (IRP) e *Levelized Cost of Electricity* (LCOE).

4.2.1 O Valor Atual Líquido (VAL)

Numa ótica de maximização do valor dos investidores, este é um critério de avaliação muito utilizado porque mostra a verdadeira riqueza criada pelo projeto e também considera o valor temporal do dinheiro e o custo de oportunidade do capital; é o valor da oportunidade de investimento líquida do seu custo (Silva & Silva, 2019)

$$VAL = \sum_{t=0}^n \frac{Cash-flow\ líquido}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Onde,

t = é o número de períodos

n = vida útil do projeto

r = taxa de atualização

Perante este critério, aceitam-se os projetos com VAL positivo. No caso de alternativa entre vários projetos de investimento, optasse pelo que tiver maior VAL e devesse rejeitar os projetos com VAL negativo, porque o objetivo primordial da gestão financeira é criar valor para os investidores (Silva & Silva, 2019). Para Marques (2014) os projetos com um VAL igual a zero são indiferentes, uma vez que apenas recupera-se o capital investido,

que representa o mínimo a partir do qual o investidor está disposto a investir sem criar valor.

4.2.2 A Taxa Interna de Rendibilidade (TIR)

Segundo Silva (2019) a Taxa Interna de Rendibilidade, a par com o VAL, é um dos mais importantes critérios de avaliação e seleção de projetos de investimento e representa a taxa de rendibilidade máxima de um projeto, ou seja, é a remuneração máxima que o projeto pode conceder aos investidores sem pôr em causa a cobertura do investimento inicial. Obtêm-se igualando a equação do VAL a zero e resolve-se em ordem á taxa de atualização ($r = TIR$)

$$\sum_{t=0}^n \frac{Cash-flow\ líquido}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (2)$$

Onde,

t = número de períodos

n= vida útil do projeto

Em projetos simples e convencionais, a TIR e o VAL são equivalentes em termos de conclusão sobre a rejeição ou aceitação do projeto. Para a aceitação de um projeto de investimento a TIR tem de ser superior à taxa de atualização que indica a taxa de remuneração exigida pelos investidores. Pelo contrário, se a TIR for inferior ao custo do capital, então o investimento não cria valor para o investidor e o VAL será negativo. Neste caso o projeto deve ser rejeitado ou reformulado. Se a TIR for igual ao custo de capital, então o VAL será nulo, o que significa que o investimento remunera o investidor exatamente na medida do custo do capital exigido, sendo por isso, um investimento aceitável.

4.2.3 Período de Recuperação do Investimento Atualizado (PRIA)

Também conhecido por *payback*, o período de recuperação do investimento pretende determinar o número de exercícios que são necessários para que as receitas de exploração, deduzidas das despesas, igualem o montante de capital investido líquido do valor residual, ou seja, reflete o tempo necessário para que os fluxos gerados pelo projeto cubram na totalidade o investimento realizado para os obter, é um critério de fácil compreensão,

contudo, a aceitação de um projeto fica dependente do critério arbitrário da gestão (Silva & Silva, 2019). Este critério determina o período de recuperação do investimento considerado aceitável pelos promotores do projeto, devendo ser rejeitados os projetos cujo período de recuperação exceda a vida útil do projeto.

Calcula-se o período de tempo que decorre até que se verifique a seguinte condição:

$$\sum_{t=1}^n \frac{\text{Cash-flow liquido}}{(1+k)^t} = I_0 \quad (3)$$

Onde,

t = número de períodos;

n = número total de períodos da vida útil do projeto ou do horizonte temporal da análise;

k = taxa de atualização;

I_0 = valor do investimento.

4.2.4 Índice Rendibilidade do Projeto (IRP)

Este critério vem colmatar a insuficiência do VAL ao relativizar o seu valor, pois conseguimos saber a rendibilidade efetiva por unidade de capital investido, o seu cálculo baseia-se entre o valor atual dos fluxos de caixa esperados e o valor do investimento (Silva & Silva, 2019). Caso este índice seja igual á unidade, é indiferente para o gestor aceitar ou rejeitar o projeto, pressupõe um VAL nulo, visto que, os cash-flows de exploração atualizados á taxa k igualam o investimento, também atualizado á mesma taxa. Se um IR superior á unidade corresponde a um VAL positivo, logo aceitável. Pelo contrário, se o IR for inferior á unidade, isso significa que para a taxa de atualização utilizada, o VAL é negativo, portanto o projeto deve ser rejeitado.

O cálculo deste critério obtém-se com a seguinte fórmula:

$$IR = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{\text{Cash-flow liquido}}{(1+k)^t} + \frac{VR_t}{(1+k)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+k)^t}} \quad (4)$$

Onde,

t = o período;

n = número total de períodos da vida útil do projeto ou do horizonte temporal da análise;

VR_t = valor do Valor Residual, gerado pelo projeto;

k = taxa de atualização;

I_t = valor do investimento.

4.2.5 Levelized cost of energy (LCOE)

O *levelized cost of energy* ou custo normalizado de energia é o modelo mais utilizado para viabilização económica de um projeto de produção de energia. Compara tecnologias de produção de eletricidade ou ao considerar as paridades de rede para tecnologias emergentes (Hernandez-Moro & Martinez-Duart, 2013). Este indicador permite comparar com os custos da energia elétrica convencional, pelo que se revela essencial para se tomarem decisões quer ao nível do investimento, nomeadamente por entidades bancárias, quer ao nível das políticas públicas no setor energético. Basicamente, este indicador calcula os custos totais de um sistema produtor de energia elétrica durante o tempo de vida do sistema, incluindo os custos do investimento e os custos de O&M e compara esse custo com a estimativa da eletricidade que o sistema irá produzir durante o mesmo período.

Segundo o IPES (Instituto Português da Energia Solar) a expressão matemática é dada por:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{I_0 + O\&M_t + B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}} \quad (5)$$

Onde,

t = o período

n = número total de períodos do projeto

r = taxa de desconto

I_0 = investimento inicial

$O\&M_t$ = custo da manutenção e operação

B_t = custo de energia auxiliar no período t

E_t = Estimativa da energia elétrica produzida.

O tempo de vida de um sistema é um parâmetro que depende da tecnologia envolvida, do local onde a mesma é instalada, pois situações agressivas do ponto de vista ambiental (por exemplo a proximidade do mar, ou instalações sujeitas a forte agressão por tempestades de areias ou de poeiras) diminuem fortemente o tempo de vida de uma instalação. Em geral, é para o caso dos sistemas fotovoltaicos os tempos de vida atualmente considerados para instalações sem grande desgaste ambiental, situam-se entre os 20 e os 25 anos.

O custo do investimento inicial deverá ser obtido de acordo com a dimensão dos sistemas e dependem fortemente do mercado. O custo de O&M é, em geral, considerado como uma percentagem do investimento inicial. Por exemplo nos sistemas fotovoltaicos é comum a utilização de uma taxa de cerca de 0,5% a 1% do investimento inicial (NREL, 2016).

O custo da energia auxiliar deverá ser considerado sempre que sistemas produtores tenham, ou um consumo de energia residual como, por exemplo, nos sistemas fotovoltaicos com seguimento do movimento do sol, ou o consumo de energias fósseis como é o caso das centrais termoelétricas convencionais ou ainda os consumos de combustíveis em unidades de backup como por exemplo existem nos sistemas híbridos solar termoelétrico/gás.

A estimativa da energia elétrica produzida durante o tempo de vida vai depender da uma análise da produção de energia elétrica pela tecnologia em análise e também da forma como essa produção varia ao longo dos anos sendo que, em geral, existirá uma diminuição da produção ao longo da vida útil do sistema. No caso dos sistemas fotovoltaicos essa diminuição é tipicamente entre 0.5% a 1% do valor estimado para a produção inicial (NREL, 2016).

5.1 Caso de Estudo

Neste capítulo será apresentado o caso de estudo, que compara a atratividade económica, para uma empresa serviços solares, no uso de dois modelos de negócios, Leasing solar versus PPA.

Por razões de confidencialidade, irá ocultar-se o nome da empresa promotora do projeto de investimento (empresa de serviços solares) do investidor (empresa proprietária da empresa de serviços solares) e do cliente (Centro comercial).

5.2 Metodologia

A nossa metodologia para este trabalho é, em primeiro lugar, rever a literatura publicada sobre financiamento de sistemas solares. Essa componente permitiu identificar os mecanismos de financiamento modelos de negócio na área dos sistemas solares. De facto, a literatura sobre os modelos de negócios solares nos países industrializados referenciam os modelos de serviço solar, também denominados *Third-party financing* (TPF) ou *Third-party ownership* (TPO) (Tongsopit et al., 2015; Frantzis et al., 2008), como mecanismos impulsionadores para a transição energética, trazendo para o mercado novas tecnologias coma as renováveis (Huijben & Verbong, 2013) e servindo como instrumento de redução ou remoção de barreiras (Drury, et al., 2012).

Em segundo lugar, recolha de dados reais para a construção dos dois modelos de caso de estudo o Leasing solar e PPA. Note-se que os dados e pressupostos utilizados para executar os modelos foram obtidos de uma empresa nacional de serviços solares. Apresentamos os resultados dos dois modelos em termos de Valor Atual líquido (VAL), Taxa Interna de Rendibilidade (TIR), Período de Recuperação do Investimento Atualizado (PRIA), Índice de Rendibilidade do Projeto (IR) e *Levelized Cost of Electricity* (LCOE).

Concretizando, a empresa promotora é proprietária dos painéis solares e opera os sistemas fotovoltaicos na propriedade do cliente, fornecendo a energia solar como um serviço; os clientes recebem o valor do serviço sob a forma de eletricidade. A eletricidade gerada a partir do sistema fotovoltaico é utilizada pelo cliente (modelo leasing) ou vendida ao cliente (modelo PPA).

Como proprietário dos painéis solares, a empresa promotora assume os custos de instalação, operação e manutenção do sistema; o cliente recebe a energia produzida pelos

painéis solares e, tipicamente, o preço da tarifa elétrica é menor do que o preço no mercado, obtendo o seu benefício logo no primeiro mês com a poupança nas despesas de eletricidade, mas sem ter de realizar o investimento inicial de capital ou quaisquer complicações associadas com a operação de um sistema solar.

O projeto é financiado por um investidor que, no caso em estudo, é a empresa proprietária da empresa promotora. A empresa promotora financia 15% do custo do projeto, o restante 85% pelo investidor. A empresa promotora é obrigada a fazer pagamentos mensais tanto de capital como de juros ao investidor e a pagar as despesas operacionais associadas ao projeto. Em troca, a empresa promotora recebe todas as receitas provenientes do sistema solar. A Figura 5 apresenta a estrutura típica de financiamento.

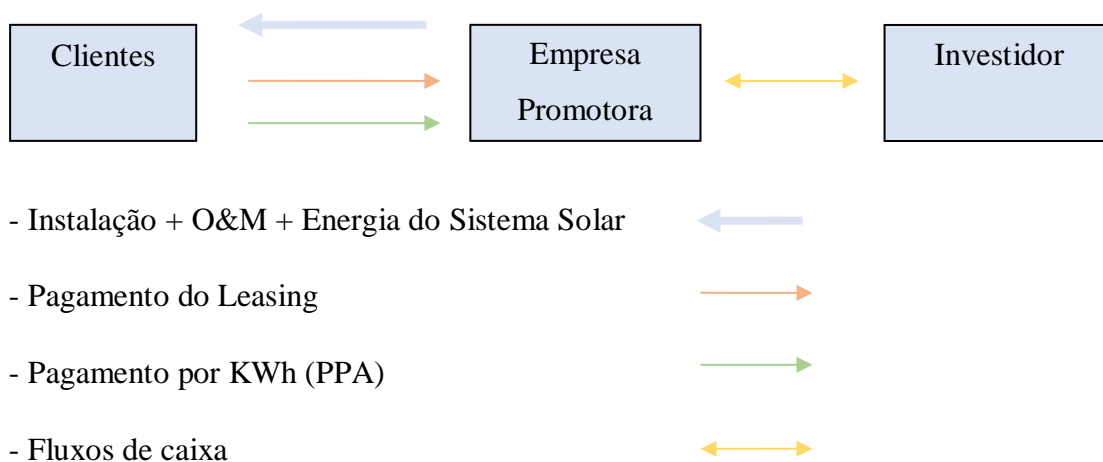


Figura 5: Modelo de financiamento

Fonte: Elaboração própria

5.3 Dados do cliente

Relativamente aos dados contratuais, o centro comercial apresenta um ciclo horário semanal no qual existem quatro períodos horários (ponta, cheia, vazio e super vazio) que variam segundo o dia da semana e o período de hora de verão e inverno, o tarifário do Centro Comercial é em MT (Media Tensão – Ciclo Semanal), tem um consumo anual de 2.237 KWh/ano, respeitante á eletricidade efetivamente consumida de acordo com o diagrama de cargas do período 01-03-2021 a 28-02-2022. A tarifa é um valor médio

(Verão e Inverno) e inclui para além do custo da eletricidade as taxas de acesso à rede, e a tarifa de ponta inclui um acréscimo de 0,07693€/ KWh. Os extras adicionais referem-se a impostos, taxas e outros acréscimos na fatura do fornecedor de eletricidade. Na figura 6 é apresentado a fatura¹⁰ anual do Centro Comercial.

Rede Eletrica				
	Consumo	Tarifa	Valor	
	(em KWh)	(em€)	(em€)	
Ponta	384 627	0,23852	91 742,00 €	17%
Cheia	1 129 818	0,22858	258 251,00 €	50%
Vazio Normal	539 304	0,19462	104 962,00 €	24%
Super Vazio	183 764	0,17692	32 512,00 €	8%
	2 237 513	0,21786	487 467,00 €	100%
Extras e Adicionais			14 624,00 €	
			502 091,00 €	

Figura 6: Fatura anual de eletricidade sem projeto fotovoltaico

Fonte: Elaboração própria

A partir desta informação, a empresa promotora traçou o perfil base de consumo semanal do cliente, como ilustra a Figura 7.

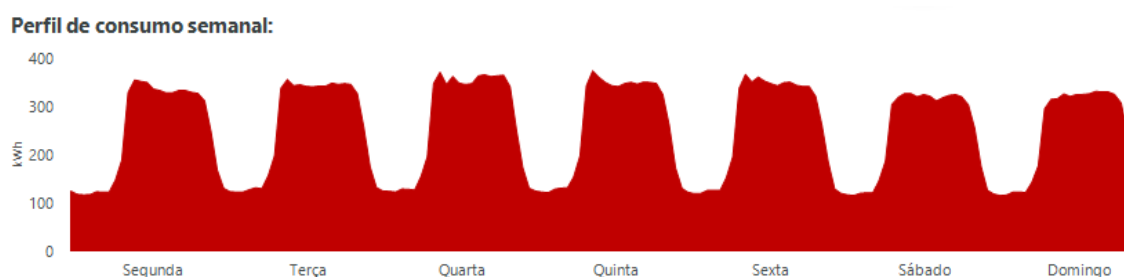


Figura 7: Perfil de consumo semanal

Fonte: Elaboração própria

Com base no perfil de consumo do cliente, a empresa promotora instalou um sistema solar constituído por 1.195 módulos fotovoltaicos de 545w, que totaliza uma potência instalada de 652 KWh, capaz de produzir anualmente 984 MWh, com um autoconsumo de 88% e

¹⁰ Elaboração própria através dos dados fornecidos pela empresa promotora do projeto.

autonomia de 39%. Os valores de consumo têm origem no perfil de consumo do cliente apresentado na secção anterior, o autoconsumo representa o consumo em cada mancha horária a partir da produção interna e a autonomia é medida como percentagem consumida a partir da central fotovoltaica versus o consumo total. Como é lógico, quanto mais potência fotovoltaica é instalada, maior será a quantidade de energia excedente durante os dias de menor consumo. Esta energia excedente, que é a eletricidade produzida internamente pelo sistema fotovoltaico e que não é consumida que, por conseguinte, vai para a rede, será vendida à rede por um valor inferior ao da compra, que no caso de estudo é de 0,06 €. A escolha de instalação ótima passa sempre por aquela que irá obter a maior rentabilidade financeira do investimento por parte da empresa promotora.

Perfil anual de produção da central e autoconsumo

	<u>Consumo</u> (em KWh)	<u>Produção FV</u> (em KWh)	<u>Autoconsumo</u> (em %)	<u>Autonomia</u> (em %)
Ponta	384 627	168 332	17%	44%
Cheia	1 129 818	508 937	52%	45%
Vazio Normal	539 304	184 902	19%	34%
Super Vazio	183 764	0	0%	0%
	2 237 513	862 171	88%	39%
Excedente		121 586	12%	
		983 757	100%	

Figura 8: Perfil anual de produção fotovoltaica

Fonte: Elaboração própria

Considerando consumo anual do cliente e sobrepondo os valores estimados da produção da central fotovoltaica, é possível criar perfis diários de consumo que ajudam a perceber em que períodos a produção fotovoltaica é autoconsumida e em que períodos há excedente. Então o consumo total resulta do consumo fotovoltaico e do consumo da rede, enquanto a eletricidade produzida pela central que não é autoconsumida transforma-se em excedente vendido à rede.

Perfil de consumo e excedente semanal:

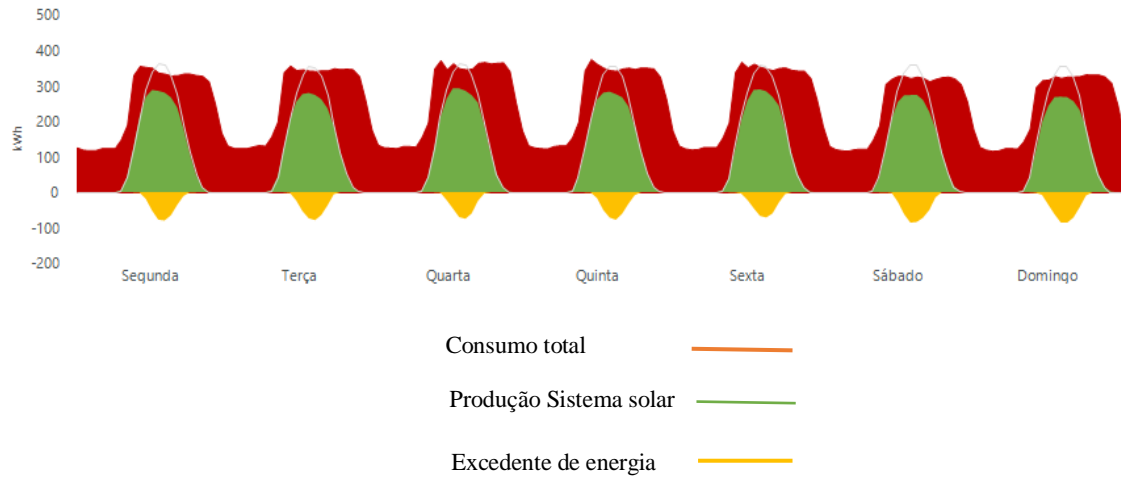


Figura 9: Perfil de consumo e excedente semanal

Fonte: Elaboração própria

Mediante os dados obtidos, estimamos a primeira fatura¹¹ anual de eletricidade com o projeto fotovoltaico (Figura 10). A nova fatura contempla a remuneração da rede pela venda da eletricidade que não é consumida, de salientar que, em relação à operação e manutenção, o Centro Comercial não assume nenhum custo adicional pelo serviço.

	Rede elétrica			Produção FV			Total Combinado		
	Consumo (em kWh)	Tarifa (em €)	Valor (em €)	Consumo (em kWh)	Tarifa (em €)	Valor (em €)	Consumo (em kWh)	Tarifa (em €)	Valor (em €)
Ponta	216 295	0,23852	51 591 €	168 332	0,08954	15 072 €	384 627	0,17332 €	66 663 €
Cheia	620 880	0,22858	141 919 €	508 937	0,08954	45 570 €	1 129 817	0,16595 €	187 489 €
Vazio Normal	354 403	0,19463	68 976 €	184 902	0,08954	16 556 €	539 305	0,15860 €	85 532 €
Super Vazio	183 764	0,17692	32 512 €	0	0,08954	- €	183 764	0,17692 €	32 512 €
Excedente				121 586	0,08954	10 887 €	0		10 887 €
	1 375 342		294 998 €	983 757		88 086 €	2 237 513	0,17121 €	383 084 €
Extras e adicionais			14 624 €						14 624 €
Venda de excedente				121 586	0,06000	- 7 295 €			- 7 295 €
									390 412 €

Figura10: Fatura elétrica do primeiro ano estimada com projeto fotovoltaico

Fonte: Elaboração própria

¹¹ Elaboração própria através dos dados fornecidos pela empresa promotora do projeto.

5.4 Pressupostos do projeto

Os pressupostos utilizados para construir e avaliar os modelos foram obtidos da empresa promotora e da literatura, onde foram definidos os seguintes pressupostos representados na tabela 3 e 4.

Parametros	Pressupostos do sistema	
		Unidades
Potência Nominal	545	W
Numero Paineis	1195	
Potência Instalada	652	KWp
Capacidade Produção	983	MWh/ano
Taxa eficiência	17,21	%
Taxa degradação	0,5	%/ano

Tabela 3: Pressupostos Técnicos

Fonte: Empresa Promotora

Onde,

Potência Nominal – capacidade da placa fotovoltaica em produzir energia num determinado período em condições de teste padrão¹².

Potência Instalada - somatório das potências nominais de todas as placas fotovoltaicas.

Capacidade de Produção – a produção anual de energia do sistema solar.

Taxa de eficiência – percentagem de energia da luz do sol que o painel solar converte em energia elétrica por m².

Taxa de degradação – percentagem de perda de capacidade de produção de energia ao longo tempo.

¹² As condições de teste padrão são quando 1000 Watt/m² de radiação solar atingem o painel solar e a temperatura da célula do painel solar é de 25 graus Celsius.

Parâmetros		Pressupostos do Investimento	
		unidades	
Investimento Inicial	430 000	€	
Termo Contrato	15	Anos	
Taxa Atualização	3,21	%	
O & M	1,5	%/ano	
Taxa Depreciação	6,65%	28595	€/Ano
PPA			
Taxa Desconto	60	%	
Tariff Escalation	0	%	

Tabela 4: Pressupostos Financeiros.

Fonte: Empresa Promotora

Onde,

Taxa de Desconto – taxa de dedução acordada entre a empresa promotora e o cliente.

Tariff Escalation – aumento da tarifa PPA pelo promotor, ou seja, após o primeiro ano o promotor aumenta o preço da eletricidade numa percentagem acordada com o cliente.

5.4.1 Investimento e prazo do contrato

O valor do investimento foi de 430.000€, entenda-se como o valor necessário para o início do projeto, este mede o montante que a empresa promotora despendeu para a realização do projeto que compreende, as despesas de aquisição e de construção, nomeadamente, as despesas transporte, de instalação e montagem. O prazo do contrato é de 15 anos, apesar de na literatura os contratos típicos variam entre 20-25 anos, e a vida útil dos painéis podem chegar aos 30 anos (Chesbrough, 2010; Feldman & Lowder, 2014).

5.4.2 Taxa de Atualização

A Taxa de Atualização utilizada para os cálculos dos diversos indicadores foi de 3,21%. A estimativa da taxa de remuneração para os projetos de investimento em energias renováveis constitui uma questão preponderante porque os proprietários das infraestruturas do setor elétrico apenas terão incentivos para efetuarem novos investimentos se preverem que estes serão rentáveis ao longo das suas vidas úteis.

Os investimentos em energias renováveis são muitas vezes custeados sob uma estrutura de financiamento de projetos, em que os investidores criam uma nova entidade legal como detentora do empreendimento, e que possui uma estrutura de capital própria; tal

modalidade de financiamento de projetos de energias renováveis foi utilizada em mais de metade dos novos investimentos em projetos de energias renováveis a nível mundial (Steffen, 2022). Os projetos são tipicamente desenvolvidos combinando investimento em capital próprio, não transacionados no mercado financeiro, com dividas bancárias, cujos valores de mercado são difíceis de apurar. Em resultado disto, no presente trabalho definiu-se uma metodologia de calculo e estimou-se o custo médio ponderado de capital para a atividade de produção de energia elétrica a partir de fontes de energias renováveis, com base no modelo *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), incorporando os seguintes componentes:

$$E(R) = r_f + \beta_i (r_m - r_f) \quad (6)$$

Onde,

$E(R)$ = custo de capital próprio;

r_f = retorno de um ativo isento de risco¹³;

β_i = coeficiente beta de um investimento¹⁴;

$(r_m^{15} - r_f)$ = premio de risco de mercado

Para estimar a taxa de juro livre de risco utilizou-se a taxa de rendibilidade da obrigação de tesouro portuguesa a 10 anos; o prémio de risco de mercado foi obtido pelo quadro de setor da Central de Balanços do Banco de Portugal sendo este um valor médio para o ano considerado. O risco sistemático de um ativo em relação ao conjunto do mercado é medido pelo *beta*, que corresponde ao rácio entre a covariância das rentabilidades

¹³ Fonte: Banco de Portugal. (5 de maio de 2022) Obtido de Taxa rendibilidade OT: [Taxa de rendibilidade OT taxa fixa por prazo residual-10 anos- Mensal | BPstat \(bportugal.pt\)](#)

¹⁴ Fonte: Infront. (5 de maio de 2022). Obtido de Levered/Unlevered beta: [EDP - Energias de Portugal SA: Levered/Unlevered Beta \(EDP | PRT | Alternative Electricity\) - Infront Analytics](#)

¹⁵ Fonte: Banco de Portugal (5 de maio de 2022). Obtido de Indicadores económicos -financeiros: [Estatísticas das empresas da central de balanços: nota de informação estatística do 2.º trimestre de 2021 | BPstat \(bportugal.pt\)](#)

esperadas do ativo e da carteira de ativos e a variância da rentabilidade esperada da carteira de ativos.

Pressupostos para o custo de capital modelo CAPM		
rf - Taxa juro livre de risco	(a)	2,14%
β - Coeficiente Beta	(b)	1,14
rm - taxa remuneração mercado	(c)	6,4%
E (R) - Retorno Esperado	(a)+(b)*[(c)-(a)]	7,0%

Tabela 5: Modelo CAPM

Para o custo do capital alheio assumimos um valor de 3,5%¹⁶. O custo médio ponderado tem uma estrutura de capital constituída 15% de capital próprio e 85% de capital alheio, que quantifica o custo de oportunidade (investir o capital num outro projeto em vez deste), como a remuneração exigida pelo investidor em função do risco do projeto e o fato de ter de dispensar o capital até a um momento futuro.

$$k_e \times W_e + K_d \times W_d \times (1 - T) \quad (7)$$

Onde,

K_e = custo capital próprio;

K_d = custo capital alheio;

W_e = peso capital próprio;

W_d = peso capital alheio;

T = taxa imposto.

¹⁶ Dado fornecido pela empresa promotora.

Wacc		
Custo Cap. Próprio	Ke	5,7%
Custo Cap. Alheio	Kd	3,5%
Peso CP	We	15,0%
Peso Cap.alheio	Wd	85,0%
Taxa Tributária	T	21,0%
	Wacc	3,21%

Tabela 6: Taxa atualização

5.4.3 Custos operacionais e de manutenção (O&M)

Um eficaz programa de O&M aumenta a probabilidade do sistema solar obter um desempenho igual ou superior á taxa de desempenho projetada, por conseguinte, reforça a confiança no desempenho no longo prazo e aumenta a capacidade de rendimento do bem. Contempla as seguintes áreas:

Operações do sistema fotovoltaico

Administração de operações	Assegura a implementação e controlo efetivos de O&M.
Realização de operações	Assegura operações de processo eficientes, seguras e fiáveis, incluindo a tomada de decisões sobre ações de manutenção com base na análise custo/benefício.
Instruções para a realização do trabalho	Especifica as regras e disposições para assegurar que a manutenção é realizada de forma eficiente, de acordo com as normas de segurança no trabalho.
Monitorização	Monitoriza e analisa os dados recebidos do sistema fotovoltaico. Inclui contagem de receitas, alarmes, diagnósticos e segurança
Protocolos e documentação	Assegura o arquivamento dos registos, documentos e informações de desempenho do sistema fotovoltaico.

Manutenção do sistema fotovoltaico

Administração de manutenção	Sobrepõe-se a administração de operações e assegura a implementação, controlo e manutenção dos serviços e resultados.
Manutenção Preventiva	Programa as manutenções de acordo com as recomendações dos fabricantes e conforme exigido pelas garantias do equipamento.
Manutenção Baseada na Condição	Utiliza a informação em tempo real proveniente do sistema solar para programar medidas preventivas antecipando falhas.
Manutenção Corretiva	Necessária para reparar danos ou substituir componentes avariados.

Tabela 7: Guia de O&M

Fonte: (NREL, 2016)

Para O&M assumimos o valor 1,5%¹⁷ ao ano do investimento, contudo um estudo realizado por um grupo de trabalho para a *National Renewable Energy Laboratory* (NREL), recomendaram 0,5% para sistemas de larga escala e 1% para sistemas de pequena escala (NREL, 2016).

5.4.4 Modelo PPA

No modelo PPA o cliente adquire energia solar sem qualquer custo inicial e sem custo de O&M, minimizando o risco de aquisição e manutenção; recebe eletricidade a um preço inferior ao preço de mercado (que no caso de estudo a taxa de desconto é de 60% ao longo do contrato). Todavia, os contratos de PPA nos EUA oferecem uma “*escalation rate*” incorporado ao longo do contrato. Por exemplo, no caso de um contrato PPA da *SolarCity*, o preço por KWh aumenta 2,9% após o primeiro ano (Tongsopit et al. 2015). No presente estudo não se admitiu a existência da tal taxa.

¹⁷ Dado fornecido pela empresa promotora

Ano	Produção	Preço Medio	Tarifa PPA	Desconto	Renda Anual
1	983 757	0,21412	0,08565 €	60%	84 257 €
2	978 838	0,22483	0,08993 €	60%	88 027 €
3	973 944	0,23607	0,09443 €	60%	91 967 €
4	969 074	0,24787	0,09915 €	60%	96 082 €
5	964 229	0,26026	0,10411 €	60%	100 382 €
6	959 408	0,26026	0,10411 €	60%	99 880 €
7	954 611	0,26026	0,10411 €	60%	99 380 €
8	949 838	0,26026	0,10411 €	60%	98 883 €
9	945 089	0,26026	0,10411 €	60%	98 389 €
10	940 363	0,26026	0,10411 €	60%	97 897 €
11	935 661	0,25376	0,10150 €	60%	94 972 €
12	930 983	0,24741	0,09897 €	60%	92 135 €
13	926 328	0,24123	0,09649 €	60%	89 383 €
14	921 696	0,23520	0,09408 €	60%	86 712 €
15	917 088	0,22932	0,09173 €	60%	84 122 €

Tabela 8: Mapa previsional do modelo PPA

Fonte: Elaboração própria

5.4.5 Modelo Leasing

No modelo Leasing estruturalmente permite ao cliente pagar o sistema solar ao longo do tempo e evita o elevado custo inicial. O cliente não recebe nenhuma receita do sistema solar, o seu benefício é a poupança nas despesas de eletricidade. No modelo Leasing, o promotor aluga o sistema pelo prazo do contrato, no final vende por um preço simbólico, isto assegura que o acordo configura uma locação operacional em vez de uma locação financeira. A tarifa Leasing utilizada no modelo é ajustado por forma que no primeiro ano o valor da tarifa de eletricidade para o cliente seja igual ao modelo PPA.

Ano	Produção	Preço Medio	Tarifa Leasing	Desconto	Renda Anual
1	983 757	0,21412	0,08585 €	60%	84 453 €
2	978 838	0,22483	0,08628 €	62%	84 453 €
3	973 944	0,23607	0,08671 €	63%	84 453 €
4	969 074	0,24787	0,08715 €	65%	84 453 €
5	964 229	0,26026	0,08759 €	66%	84 453 €
6	959 408	0,26026	0,08803 €	66%	84 453 €
7	954 611	0,26026	0,08847 €	66%	84 453 €
8	949 838	0,26026	0,08891 €	66%	84 453 €
9	945 089	0,26026	0,08936 €	66%	84 453 €
10	940 363	0,26026	0,08981 €	65%	84 453 €
11	935 661	0,25376	0,09026 €	64%	84 453 €
12	930 983	0,24741	0,09071 €	63%	84 453 €
13	926 328	0,24123	0,09117 €	62%	84 453 €
14	921 696	0,23520	0,09163 €	61%	84 453 €
15	917 088	0,22932	0,09209 €	60%	84 453 €

Tabela 9: Mapa previsionial do modelo leasing

Fonte: Elaboração própria

5.5 Resultados do caso de estudo

Nesta secção são descritos, analisados e comparados os resultados obtidos nos dois modelos considerados.

Analisados os dados de produção e a consequente redução de consumo energético, verificamos uma poupança de custos no que se refere à primeira fatura estimada do cliente, como se pode verificar na tabela 10.

	Sem projeto fotovoltaico	Com projeto fotovoltaico
Valor fatura anual	502 091€	390 412€

Tabela 10: Poupança Cliente

O Centro comercial tinha um gasto energético anual de, aproximadamente, 502 091€. Com a instalação do sistema fotovoltaico existe uma redução dos custos em cerca de 22%. Durante a vigência do contrato simulamos os valores das tarifas elétricas baseados na informação da empresa promotora, segundo os seguintes pressupostos: entre 1º- 5º ano a tarifa da eletricidade sofre um aumento 5% ao ano, entre o 6º - 10º ano mantém o valor 0% e no 11º - 15º ano sofre uma diminuição - 2,5% ao ano.



Figura 11: Poupança do Centro Comercial

Fonte: Elaboração própria

Na análise da Figura 11 verificamos que o modelo Leasing é mais vantajoso para o cliente com o aumento da tarifa elétrica, em contrapartida, o Modelo PPA torna-se mais vantajoso com a diminuição da tarifa elétrica. Para a empresa promotora, com o modelo PPA, um aumento no preço da eletricidade, obtém um maior rendimento, por sua vez, com a diminuição da tarifa elétrica a empresa promotora corre o risco do projeto não ser viável. Com o modelo leasing, a alteração no preço das tarifas elétricas não tem influência na empresa promotora.

Como se observa na tabela 11 os dois modelos de negócios apresentam viabilidade económica, pois recupera-se o investimento, remunera-se o capital investido e ainda se geram excedentes. O VAL apresenta um valor absoluto positivo. O valor do TIR é superior ao custo de oportunidade do capital, pelo que os dois modelos apresentam interesse económico. Em relação ao PRIA, que constitui um método de avaliação do risco do projeto, e não propriamente um indicador de rentabilidade, verifica-se que os projetos são economicamente viáveis, visto que, nos dois modelos, o capital investido é recuperado na totalidade, ao 11º ano no modelo PPA e 10º ano no modelo Leasing. O IRP que representa a rentabilidade que efetivamente obtém-se por cada unidade de capital investido, apresenta um valor superior á unidade, na prática significa que cada unidade de capital investido obteve uma rentabilidade suficiente para cobrir todo o investimento, incluindo a taxa de retorno exigida. A viabilidade económica de um projeto de produção de eletricidade pode ser avaliada por vários métodos, mas o LCOE é o mais utilizado ao

comparar tecnologias de produção de eletricidade ou a considerar as paridades de rede para tecnologias emergentes (Branker et al. 2011).

Os cálculos auxiliares para apuramento dos respetivos indicadores económicos dos modelos são apresentados nos Apêndices I, II, III a) e III b).

	Modelo PPA	Modelo Leasing
VAL	155 027 €	162 821 €
TIR	4,48 %	4,92 %
PRIA	11	10
IRP	1,36	1,38
LCOE	70,21 €/MW	70,20 €/MW

Tabela 11: Indicadores económicos

6.1 Conclusões

O paradigma energético atual é caracterizado por uma enorme dependência de combustíveis fósseis para obtenção de energia. Para além da escassez desses recursos, a sua utilização em larga escala tem graves consequências para o meio ambiente. A utilização de fontes de energia renováveis constitui uma condição necessária ao desenvolvimento sustentável e um instrumento essencial para diminuir o impacto ambiental das emissões de carbono.

A legislação sobre o autoconsumo estimula a produção de energia elétrica para consumo próprio, como substituta da adquirida à rede. Permite que seja produzida energia elétrica para consumo na própria instalação e que em falta ou em excesso, seja, respetivamente, comprada ou vendida à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP). A intervenção direta do governo na implementação de novas fontes renováveis, para além de nem sempre ter resultados positivos, não é necessária para o ciclo de vida de uma central de produção. O papel do governo poderá então passar por conduzir esses apoios para a investigação e desenvolvimento de tecnologias de produção de energias renováveis, de forma não só a melhorar a eficiência das mesmas, como também diminuir os custos, o que poderá levar a um aumento de investidores em energias renováveis.

No nosso estudo verificamos que o conceito de modelo de negócio tem sido amplamente utilizado para abordar a transição energética, pode executar várias funções incluindo a articulação da proposta de valor, identificar um segmento de mercado, definir a cadeia de valor e a rede de valor, estimar a estrutura de custos e lucros e formular a estratégia competitiva (Chesbrough, 2010). Os modelos de negócios abrem caminho para que novas tecnologias tenham lugar nos mercados e criem valor para eles. Por conseguinte, é considerado uma construção que medeia o processo de criação de valor.

Os modelos de negócio apresentados neste estudo, compreende um investidor – empresa proprietária da empresa promotora - que oferece financiamento, uma empresa promotora – empresa de serviços solares – que faz a instalação e manutenção de um sistema de produção de energia renovável na propriedade do consumidor – centro comercial - vendendo eletricidade (modelo PPA) ou alugando um sistema fotovoltaico (modelo Leasing), eliminando o custo inicial e permitindo ao cliente receber energia elétrica a um preço competitivo, prestando um serviço em vez de um produto. Acrescentando o facto

que a aquisição de um sistema fotovoltaico teria impacto nas demonstrações financeiras do centro comercial.

Relativamente ao estudo do caso apresentado, é possível observar através da análise dos diferentes indicadores económicos e financeiros, que a empresa promotora obtém retorno do seu investimento na implementação dos dois modelos de negócios, para o período em análise. Os resultados dos modelos apresentam um VAL positivo, uma TIR superior á taxa de atualização, um IRP superior a 1, um PRIA inferior que a vida útil do investimento, quanto ao LCOE verificasse uma poupança em relação ao valor do preço de energia no mercado¹⁸.

Em conclusão, os modelos apresentados têm o potencial de fornecer uma opção viável para as empresas de serviços solares oferecendo aos clientes um custo de energia mais baixo. O modelo PPA apresenta a singularidade de transferir para a empresa de serviços solares todos os custos iniciais do projeto, os custos e despesas incorridos durante o projeto, incluindo o custo de instalação, o custo de O&M e o custo de financiamento recebendo em contrapartida, pagamentos mensais que dependem da energia produzida pelos painéis solares. O modelo leasing solar oferece as condições semelhantes às do modelo PPA, exceto, no pagamento do serviço, em que este valor é pré-determinado até ao fim do contrato, pelo que proporciona menos risco para a empresa de serviços solares de ser exposta à volatilidade do preço da eletricidade.

Este estudo, no entanto, tem algumas limitações. Na avaliação do projeto de investimento não incorporamos na análise a consideração de contexto de incerteza na avaliação do investimento; por conseguinte, em trabalhos futuros, deve-se considerar esse componente associado às projeções dos valores através dos métodos de análise de sensibilidade, análise de cenários e a simulação de Monte Carlo.

¹⁸ <https://simulador.precos.erse.pt/eletricidade/>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografia

- Abolhosseini, S., Heshmati, A., & Altmann, J. (2014). A Review of Renewable Energy Supply and Energy Efficiency Technologies. *IZA Discussion Paper No. 8145*.
- Ahsan, U., & Bais, A. (2017). Distributed big data management in smart grid. In: *Wirel Opt. Commun Conference* (pp. 1 - 6). IEEE.
- Alanne, K. (2006). Distributed energy generation and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 539-558.
- Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., . . . Peacock, A. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 100, 143 - 174.
- Apergis, N., & Payne, J. (2010). RE consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy policy*, 656-660.
- Arrow, K. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies*, 29 (3), 155 - 173.
- Augustine, P., & McGavisk, E. (2016). The next big thing in renewable energy: Shared solar. *The Electricity Journal*, 29, 36 - 42.
- Barradale, M. (2010). Impact of public policy uncertainty on renewable energy investment: Wind power and the production tax credit. *Energy Policy*, 38, 7698 - 7709.
- Blyth, W., McCarthy, R., & Gross, R. (2015). Financing the UK power sector: Is the money available? *Energy Policy*, 607 - 622.
- Bolinger, M. (2009). FullSteam Ahead for PV in US Homes? *Renewable Energy Focus*, 9, 58 - 60.
- Bolton, R., & Foxon, T. (2015). A socio-technical perspective on low carbon investments challenges - Insights for UK energy policy. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 14, 165 - 181.
- Branker, K., Pathak, M., & Pearce, J. (2011). A Review of solar levelized cost of electricity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4470-4482.

- Burger, C., Kuhlmann, A., & Weinmann, J. (2016). *Blockchain in the energy transition. A survey among decision-makers in the German energy industry*. Berlin, Germany: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) - German Energy Agency.
- Burkhart, T., Krumeich, J., Werth, D., & Loos, P. (2011). *Analyzing the Business Model Concept – A Comprehensive Classification of Literature*. Shanghai, China: Proceedings of the International Conference on Information Systems, ICIS 2011.
- Carley, S. (2009). State RE electricity policies: An empirical evaluation of effectiveness. *Energy Policy*, 37, 3071-3081.
- Cassadesus-Masanell, R., & Ricart, J. (2011). How to Design A Winning Business Model. *Harvard Business Review*, 1 - 9.
- Castellini, M., Menoncin, F., Moretto, M., & Vergalli, S. (outubro de 2019). Photovoltaic Smart Grids in Prosumers investment decisions:a real option model. *Economics for sustainability*. Series Editor.
- Chassot, S., Hampl, N., & Wustenhagen. (2014). When energy policy meets free-market capitalists: The moderating influence of worldviews on risk perception and renewable energy investment decisions. *Energy research & Social Science*, 143 - 151.
- Chesbrough, H. (2010). Business Model Innovation: Opportunities and Barriers. *Long Range Planning* 43, 354 - 363.
- Coughlin, J., & Cory, K. (2009). *Solar Photovoltaic Financing: Residential Sector Deployment*. Cole Boulevard, Golden, Colorado: National Renewable Energy Laboratory.
- Derrick, A. (1998). Financing mechanisms for renewable energy. *Renewable Energy*, 211 - 214.
- DGEG. (4 de Outubro de 2018). *Energias renováveis e sustentabilidade*. Obtido em 30 de Março de 2021, de Comunidades de energia: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/comunidades-de-energia/>
- Dinica, V. (2006). Support systems for the diffusion of renewable energy technologies - An investor perspective. *Energy Policy*, 34, 461 - 480.

- Dosi, G. (1990). Finance, innovation and industrial change. *Journal of Economic Behaviour and Organisation*, 299 - 319.
- Drury, E., Miller, M., Macal, C., Graziano, D., Heimiller, D., & Perry, T. (2012). 'The Transformation of Southern California's Residential Photovoltaics Market through Thirdparty Ownership. *Energy Policy*, 681 - 690.
- Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 748-764.
- ERSE. (2021). *Eletricidade*. Obtido em 10 de Maio de 2021, de Entidade Reguladora Dos Serviços Energéticos: <https://www.erse.pt/eletricidade/funcionamento/transporte/>
- Frantzis, L., Graham, S., Katofsky, R., & Sawyer, H. (Fevereiro de 2008). *Photovoltaics Business Models*. Colorado, EUA: NREL. Obtido em 13 de Abril de 2021, de NREL.
- Gabriel, C., & Kirkwood, J. (2016). Business models for model businesses: Lessons from renewable energy entrepreneurs in developing countries. *Energy Policy*, 95, 336 - 349.
- Geels, F., & Schott, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, 36, 399-417.
- Giddens, A. (2009). *The politics of climate change*. Cambridge, UK: Polity Press.
- Gogerty, N., & Zitoli, J. (January de 2011). *SSRN Electronic Journal*. Obtido em 17 de Março de 2021, de Deko: An Electricity-Bcked Currency Proposal: <http://ssrn.com/abstract=1802166>
- Goldman, D., McKenna, J., & Murphy, L. (2005). *Financing projects that use clean-energy technologies and overview of barriers and opportunities*. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.
- Grewal-Carr, V., & Marshall, S. (2016). *Deloitte*. Obtido em 15 de Maio de 2021, de Blockchain- Enigma. Paradox. Opportunity: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/Innovation/deloitte-uk-blockchain-full-report.pdf>

- Groba, F., & Breitschopf, B. (2013). *Impact of Renewable Energy Policy and Use on Innovation: A Literature Review*. Berlin: DIW Berlin.
- Hargadon, A., & Kenney, M. (2012). Misguided policy? Following venture capital into clean technology. *California management Review*, 54, 118 - 139.
- Hernandez-Moro, J., & Martinez-Duart, J. (2013). Analytical model for solar PV and CSP electricity costs: Present LCOE values and their future evolution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119 - 132.
- Holstenkamp, L., & Ulbrich, S. (2010). : *Bürgerbeteiligung mittels Fotovoltaikgenossenschaften. Marktüberblick und Analyse der Finanzierungsstruktur*. Lüneburg:Leuphana University. : Arbeitspapierreihe Wirtschaft & Recht .
- Horváth, D., & Szabó, R. (2018). Evolution of photovoltaic business models: Overcoming the main barriers of distributed energy deployment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 623 - 635.
- Huijben, J., & Verbong, G. (2013). Breakthrough without Subsidies? PV Business Model Experiments in the Netherlands. *Energy Policy*, 56, 362 - 370.
- IEA. (2012). *Energy Technology Perspectives 2012*. Paris: IEA Publications.
- Indigo Advisory Group. (2017). Obtido em 15 de Maio de 2021, de Blockchain in energy and utilities use cases, vendor activity, market analysis: <https://www.indigoadvisorygroup.com/blockchain>
- IRENAa. (2019). *Future of Solar Photovoltaic: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects*. Obtido em 9 de Fevereiro de 2022, de International Renewable Energy Agency: https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf
- IRENAb. (2019). *Global energy transformation: A roadmap to 2050*. Obtido em 9 de Fevereiro de 2022, de International Renewable Energy Agency: <https://www.irena.org/publications/2019/Apr/Global-energy-transformation-A-roadmap-to-2050-2019Edition>

- IRENAC. (2016). *End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels*. Obtido em Fevereiro de 2022, de International Renewable Energy Agency.
- Jaffe, A., Trajtenberg, M., & Henderson, R. (1999). Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations. *The Quarterly Journal of Economics*, 577-598.
- Jager, D., & Rathmann, M. (2008). *Policy instrument design to reduce financing costs in renewable energy technology projects*. Obtido em 18 de 02 de 2021, de www.iea-retd.org: [http://refhub.elsevier.com/S2214-6296\(14\)00091-7/sbref0105](http://refhub.elsevier.com/S2214-6296(14)00091-7/sbref0105)
- Johnson, M. (2010). *Seizing the White Space. Business Model Innovation for Transformative Growth and Renewable*. Boston, MA, USA: Harvard Business School Publishing.
- Kahouli-brahmi, S. (2008). Technological learning in energy–environment–economy modelling: A survey. *Energy Policy*, 36 (1) , 138 - 162.
- Kastelein, R. (5 de Março de 2016). *Blockchain News*. Obtido em 17 de Março de 2021, de Solarcoin-Combining Sustainability and the blockchain: <http://www.the-blockchain.com/2016/03/05/solarcoin-combining-sustainability-and-the-blockchain/>
- Kotler, P. (1986). Prosumers: A new type of consumer. . *The Futurist*, 24-28.
- Kumar, A., Holuszko, M., & Espinosa, D. (2017). E-waste: An overview on generation, collection, legislation and recycling practices. *Resources, Conservation and Recycling*, 32-42.
- Leschke, J. (2013). Business model Mapping: A New Tool to Encourage Entrepreneurial Activity and Accelerate New Venture Creation. *Journal of Marketing Development and Competitiveness*, 7, 18 - 26.
- Luo, Y., Itaya, S., Nakamura, S., & Davis, P. (2014). Autonomous cooperative energy trading between prosumers for microgrid systems. *2014 IEEE 39th Conference on Local Computer Networks Workshops*, (pp. 693 - 696).
- Luthi, S. (2010). Effective deployment of photovoltaics in the Mediterranean countries: balancing policy risk and return. *Solar Energy*, 84, 1059 - 1071.

- Luthi, S., & Wustenhagen, R. (2012). The price of policy risk-empirical insights from choice experiments with European photovoltaic project developers. *Energy Economics*, 34, 1001 - 1011.
- Magretta, J. (2002). Why business models matter. *Harvard Business Review*, 86 - 92.
- Maria, L., & Bernauer, T. (2014). Explaining government choices for promoting renewable energy. *Energy Policy*, 68, 15-27.
- Marques, C., Fuinhas, A., & Manso, J. (2010). Motivation Driving RE in European countries: A panel data approach. *Energy Policy*, 38, 6877-6885.
- Mengelkamp, E., Gattner, J., Rock, K., Kessler, S., Orsini, L., & Weinhardt, C. (2018). Designing microgrid energy markets A case study: The Brooklyn Microgrid. *Applied Energy*, 210, 870 - 880.
- Mills, S., & Taylor, M. (1994). Project finance for renewable energy. *Renew Energy*, 5, 700 -708.
- Ministério do Ambiente, O. d. (2014). *Decreto-Lei nº 153/2014, de 20 outubro*. Obtido de Diário da República nº202/2014, série I: <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/153-2014-58406974>
- Mollick, E. (2014). The dynamics of crowdfunding: An exploratory study. *Journal of Business Venturing*, 29, 1 - 16.
- NREL. (Dezembro de 2016). *Best Practices in Photovoltaic System Operations and Maintenance*. Obtido de NREL: <http://www.nrel.gov/publications>
- Okkonen, L., & Suhonen. (2010). Business Models of Heat Entrepreneurship in Finland. *Energy Policy*, 38, 3443 - 3452.
- Oliveira, P. (2017). *Autoconsumo Fotovoltaico, análise de um caso de estudo em termos de poupança e de rentabilidade*. Lisboa: Mestrado Integrado em engenharia da Energia e Ambiente, Universidade de Lisboa .
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. John Wiley & Sons.
- Osterwalder, A., Pigneur, Y., & Tucci, C. (2005). *Clarifying Business Models: Origins, Present, and future of the concept*. Obtido em 25 de Março de 2021, de

Communications of the Association for Information Systems: Vol. 16 , Article 1.:
<https://aisel.aisnet.org/cais/vol16/iss1/1>

Overholm, H. (2014). Collectively created opportunities in emerging ecosystems: The case of solar service ventures. *Technovation*, 1 - 12.

Paiho, S. (2015). An Analysis of Different Business Models for Energy Efficient Renovation of Residential Districts in Russian Cold Regions. *Journal of Sustainable Cities and Society*, 14,, 31 - 42.

Painuly, J. (2001). Barriers to renewable energy penetration; a framework for analysis. *Renewable Energy*, 73 - 89.

Pereira, A. (2003). *Despacho dos serviços de sistema no mercado competitivo da energia*. Porto.

Perez, C. (2010). Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, 185-202.

Presidência do Conselho de Ministros. (2019). *Dec.-Lei 162/2019, de 25 de outubro*. Obtido de Diário da República nº 206/2019, série I pp 45-62: <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/162-2019-125692189>

Presidência do Conselho de Ministros. (2019). *Dec-Lei nº 162/2019, de 25 de outubro*. Obtido de Diário da República nº 206/2019, série I, pp 45-62: <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/162-2019-125692189>

Presidência do Conselho de Ministros. (2022). *Dec-Lei nº 15/2022, de 14 de janeiro*. Obtido de Diário da República nº 10/2022, série I, pp 3-185: <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/15-2022-177634016>

Rajan, R., & Zingales, L. (1996). *Financial dependence and growth*. Chicago: National Bureau of Economic Research.

RCM nº 107/2019, d. 1. (06 de Junho de 2019). *Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050)*. Obtido em 20 de Dezembro de 2020, de Republica Portuguesa - XXI Governo Constitucional: <https://www.portugal.gov.pt/download-ficheiros/ficheiro.aspx?v=%3d%3dBAAAAB%2bLCAAAAAAABACzMDexAAAut9emBAAAAA%3d%3d>

- Ren, X., Qiao, H., Huang, Z., & He, L. (2015). Diamond model of business models—A case study of Ping an financial mall. *Management Review*, *11*, 231 - 240.
- Sadorsky, P. (2012). Modeling renewable energy company risk. *Energy Policy*, 39 - 48.
- Schwienbacher, A., & Larralde, B. (30 de Outubro de 2010). *Crowdfunding of Small Entrepreneurial Ventures*. Obtido em 23 de Março de 2021, de HANDBOOK OF ENTREPRENEURIAL FINANCE: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1699183>
- Seel, J., Barbose, G., & Wiser, R. (2014). An analysis of residential PV system price differences between the United States and Germany. *Energy Policy*, *69*, 216 - 226.
- Setor Energético. (s.d.). Obtido em 21 de Novembro de 2021, de Portugal Energia: <https://www.portugalenergia.pt/setor-energetico/>
- Short, W., Packey, D., & Holt, T. (Março de 1995). *A Manual for the Economic Evaluation of Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies*. Obtido em 15 de Maio de 2021, de National Renewable Energy Laboratory: <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/5173.pdf>
- Silva, S., & Silva, A. (2019). *Finanças Empresariais*. Alcantara: Chiado Bookes.
- Sousa, J. (2005). *Integração de mercados liberalizados de energia elétrica com aplicações ao MIBEL*. Lisboa: Tese de Doutoramento, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Economia.
- Sousa, T., Soares, T., Pinson, P., Moret, F., Baroche, T., & Sorin, E. (2019). Peer-to-peer and community-based markets: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *104*, 367 - 378.
- Stadelmann, M., & Castro, P. (2014). Climate policy innovation in the South - Domestic and international determinants of RE policies in developing and emerging countries. *Global Environmental Change*, *29*, 413-423.
- Steffen, B. (10 de Maio de 2022). *SSRN Electronic journal*. Obtido de Estimating the Cost of Capital for Renewable Energy projects: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3373905

- Strupeit, L., & Palm, A. (2016). Overcoming barriers to renewable energy diffusion: business models for customers-site solar photovoltaics in Japan, Germany and the United States. *Journal of Cleaner Production*, 123, 124 - 136.
- Teece, D. (2010). Business Models, Business Strategy and Innovation. *Long Range Plannig*,43, 172 - 194.
- Timilsina, G., Kurdgelashvili, L., & Narbel, P. (2012). Solar energy: Markets, economics and policies. *Renewable and sustainable Energy Reviews*, 449-465.
- Tongsopit, S., Mounghareon, A., Aksornkij, A., & Potisat, T. (2015). Business Models and Financing Options for a Rapid Scale-up of Rooftop Solar Power Systems in Thailand. *Financing Renewable Energy Development in East Asia Summit Countries*. (pp. 79-136). Jakarta: ERIA Research Project Report 2014-27.
- Verbruggena, A., Fishedickb, M., Moomawc, W., Weird, T., Nada1, A., Nilssonf, L., . . . Sathaye, J. (2009). Renewable energy costs, potentials, barriers: Conceptual issues. *Energy Policy*, 850-861.
- Voshmgir, S. (2020). *Token Economy: How the Web3 reinvents the Internet*. Alte Schönhauserstrasse, Berlin: Token Kitchen.
- Wang, S. (2013). Developing photovoltaic power is the foundation of sustainable development, a policy that requires scientific and operational initiation of the domestic market. *Solar Energy*, 23 - 29.
- WBGU. (1 de Junho de 2012). *Financing the Global Energy-System Transformation*. Obtido em 26 de Fevereiro de 2021, de WBGU: <https://www.wbgu.de/en/publications/publication/financing-the-global-energy-system-transformation>
- Wright, T. (1936). Factors affecting the cost of airplanes. *Journal of aeronautical Sciences*, 122-128.
- Wustenhagen, R., & Menichetti, E. (2012). Strategic choices for renewable energy investment: Conceptual framework and opportunities for further research. *Energy Policy*, 1 - 10.

- Wustenhagen, R., & Teppo, T. (2006). Do venture capitalists really invest in good industries? Risk- return perception and path dependence in the emerging european energy VC market. *International journal of technology Management*, 63 - 87.
- Zafar, R., Mahmood, A., Razzaq, S., Ali, W., Naeem, U., & Shehzad, K. (2018). Prosumer based energy management and sharing in smart grid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1675 - 1684.
- Zhang, C., Wu, J., Cheng, M., & Long, C. (2018). Peer-to-peer energy trading in a microgrid. . *Applied Energy*, 1 - 12.
- Zhang, L. (2017). Research on the business model and host-owned model of photovoltaic power. *Contemp. Economy*, 30, 116 - 117.
- Zhang, S. (2016). Innovative business models and financing mechanisms for distributed solar PV (DSPV) deployment in China. *Energy Policy*, 458 - 467.
- Zott, C., Amit, R., & Massa, L. (7 de Fevereiro de 2011). *The Business Model: recent developments and future research* . Obtido em 6 de Maio de 2021, de SSRN: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1674384>

Apêndice I – Cálculo do Cash Flow Global do Modelo PPA

Rubricas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Venda energia		84 257 €	88 027 €	91 967 €	96 082 €	100 382 €	99 880 €	99 380 €	98 883 €	98 389 €	97 897 €	94 972 €	92 135 €	89 383 €	86 712 €	84 122 €
Gastos de Exploração:																
O&M(1,5) + Amortização		25 392 €	26 055 €	26 741 €	27 451 €	28 186 €	28 947 €	29 735 €	30 550 €	31 393 €	32 266 €	33 170 €	34 105 €	35 073 €	36 075 €	37 111 €
EBITDA		58 865 €	61 972 €	65 226 €	68 631 €	72 196 €	70 933 €	69 645 €	68 333 €	66 996 €	65 631 €	61 802 €	58 030 €	54 310 €	50 637 €	47 011 €
Depreciações:		28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €
EBIT		30 270 €	33 377 €	36 631 €	40 036 €	43 601 €	42 338 €	41 050 €	39 738 €	38 401 €	37 036 €	33 207 €	29 435 €	25 715 €	22 042 €	18 416 €
Encargos Financeiros		12 793 €	12 310 €	11 443 €	10 733 €	9 998 €	9 237 €	8 450 €	7 635 €	6 791 €	5 918 €	5 015 €	4 080 €	3 112 €	2 110 €	1 073 €
RAI		17 477 €	21 067 €	25 188 €	29 303 €	33 603 €	33 101 €	32 600 €	32 103 €	31 610 €	31 118 €	28 192 €	25 355 €	22 603 €	19 932 €	17 343 €
Imposto sobre o Rendi 21%		3 670 €	4 424 €	5 289 €	6 154 €	7 057 €	6 951 €	6 846 €	6 742 €	6 638 €	6 535 €	5 920 €	5 325 €	4 747 €	4 186 €	3 642 €
Resultado Líquido		13 807 €	16 643 €	19 898 €	23 149 €	26 546 €	26 150 €	25 754 €	25 362 €	24 972 €	24 583 €	22 272 €	20 031 €	17 856 €	15 747 €	13 701 €

Rubricas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Resultado Líquido		13 807 €	16 643 €	19 898 €	23 149 €	26 546 €	26 150 €	25 754 €	25 362 €	24 972 €	24 583 €	22 272 €	20 031 €	17 856 €	15 747 €	13 701 €
Encargos Financeiros		12 793 €	12 310 €	11 443 €	10 733 €	9 998 €	9 237 €	8 450 €	7 635 €	6 791 €	5 918 €	5 015 €	4 080 €	3 112 €	2 110 €	1 073 €
Depreciações		28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €
Cash-Flow de Exploração		42 402 €	45 238 €	48 493 €	51 744 €	55 141 €	54 745 €	54 349 €	53 957 €	53 567 €	53 178 €	50 867 €	48 626 €	46 451 €	44 342 €	42 296 €
Cash-Flow Investimento																
Investimento Inicial	430 000 €															
Cash-Flow Global	-430 000 €	42 402 €	45 238 €	48 493 €	51 744 €	55 141 €	54 745 €	54 349 €	53 957 €	53 567 €	53 178 €	50 867 €	48 626 €	46 451 €	44 342 €	42 296 €

Apêndice II – Cálculo do Cash Flow Global do Modelo Leasing

Rubricas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Aluguer Equipamento		84 453 €	84 453 €	84 453 €	84 453 €	84 453 €	84 453 €	84 453 €	84 453 €	84 453 €	84 453 €	84 453 €	84 453 €	84 453 €	84 453 €	84 453 €
Gastos de Exploração:																
Custo O&M (1,5%)+Amortização		25 392 €	26 055 €	26 741 €	27 451 €	28 186 €	28 947 €	29 690 €	30 550 €	31 393 €	32 266 €	33 170 €	34 105 €	35 073 €	36 075 €	37 111 €
EBITDA		59 061 €	58 398 €	57 712 €	57 002 €	56 267 €	55 506 €	54 763 €	53 903 €	53 060 €	52 187 €	51 283 €	50 348 €	49 380 €	48 378 €	47 342 €
Depreciações		28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €
EBIT		30 466 €	29 803 €	29 117 €	28 407 €	27 672 €	26 911 €	26 168 €	25 308 €	24 465 €	23 592 €	22 688 €	21 753 €	20 785 €	19 783 €	18 747 €
Encargos Financeiros		12 793 €	12 130 €	11 443 €	10 733 €	9 998 €	9 237 €	8 450 €	7 635 €	6 791 €	5 918 €	5 015 €	4 080 €	3 112 €	2 110 €	1 073 €
RAI		17 673 €	17 673 €	17 674 €	17 674 €	17 674 €	17 674 €	17 718 €	17 673 €	17 674 €	17 674 €	17 673 €	17 673 €	17 673 €	17 673 €	17 674 €
Imposto sobre o Rendimento (21%)		3 711 €	3 711 €	3 712 €	3 712 €	3 712 €	3 712 €	3 721 €	3 711 €	3 712 €	3 712 €	3 711 €	3 711 €	3 711 €	3 711 €	3 712 €
Resultado Líquido		13 962 €	13 962 €	13 963 €	13 963 €	13 963 €	13 963 €	13 997 €	13 962 €	13 963 €	13 963 €	13 962 €	13 962 €	13 962 €	13 962 €	13 963 €
Rubricas																
Resultado Líquido		13 962 €	13 962 €	13 963 €	13 963 €	13 963 €	13 963 €	13 997 €	13 962 €	13 963 €	13 963 €	13 962 €	13 962 €	13 962 €	13 962 €	13 963 €
Encargos Financeiros		12 793 €	12 130 €	11 443 €	10 733 €	9 998 €	9 237 €	8 450 €	7 635 €	6 791 €	5 918 €	5 015 €	4 080 €	3 112 €	2 110 €	1 073 €
Depreciações		28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €	28 595 €
Cash-Flow de Exploração		55 350 €	54 687 €	54 001 €	53 291 €	52 556 €	51 795 €	51 042 €	50 192 €	49 349 €	48 476 €	47 572 €	46 637 €	45 669 €	44 667 €	43 631 €
Cash-Flow Investimento																
Investimento Inicial	430 000 €															
Cash-Flow Global	-430 000 €	55 350 €	54 687 €	54 001 €	53 291 €	52 556 €	51 795 €	51 042 €	50 192 €	49 349 €	48 476 €	47 572 €	46 637 €	45 669 €	44 667 €	43 631 €

Apêndice III – Cálculos auxiliares para apurar o VAL, o TIR, o PRIA, o IRP e o LCOE

a) Modelo PPA

Investimento inicial	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CFG atualizado	- 430 000 €	41 083 €	42 468 €	44 108 €	45 601 €	47 083 €	45 291 €	43 565 €	41 906 €	40 309 €	38 772 €	35 933 €	33 282 €	30 804 €	28 491 €	26 331 €
CFG acumulado	- 430 000 €	- 388 917 €	- 346 449 €	- 302 341 €	- 256 740 €	- 209 657 €	- 164 366 €	- 120 801 €	- 78 895 €	- 38 586 €	186 €	36 119 €	69 401 €	100 205 €	128 696 €	155 027 €

Mapa para Cálculo LCOE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Custos totais																		
Investimento Inicial	430 000 €																	
Taxa Atualização	3,21%																	Total
Custos O&M Atualizados		24 602 €	24 459 €	24 323 €	24 192 €	24 067 €	23 948 €	23 835 €	23 727 €	23 623 €	23 525 €	23 432 €	23 343 €	23 259 €	23 179 €	23 103 €		786 618 €
Energia Produzida		983757	978838	973944	969074	964229	959408	954611	949838	945089	940363	935661	930983	926328	921696	917088		14 250 907
Energia Produzida Atualizada		953161	918898	885867	854024	823325	793730	765198	737692	711175	685611	660966	637207	614302	592220	570932		11204307
Taxa Degradação	0,50%																	

b) Modelo Leasing Solar

Investimento inicial	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CFG atualizado	- 430 000 €	41 083 €	42 468 €	44 108 €	45 601 €	47 083 €	45 291 €	43 565 €	41 906 €	40 309 €	38 772 €	35 933 €	33 282 €	30 804 €	28 491 €	26 331 €
CFG acumulado	- 430 000 €	- 388 917 €	- 346 449 €	- 302 341 €	- 256 740 €	- 209 657 €	- 164 366 €	- 120 801 €	- 78 895 €	- 38 586 €	186 €	36 119 €	69 401 €	100 205 €	128 696 €	155 027 €

Mapa para Cálculo LCOE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Custos totais																		
Investimento Inicial	430 000 €																	
Taxa Atualização	3,21%																	Total
Custos O&M Atualizados		24 602 €	24 459 €	24 323 €	24 192 €	24 067 €	23 948 €	23 835 €	23 727 €	23 623 €	23 525 €	23 432 €	23 343 €	23 259 €	23 179 €	23 103 €		786 618 €
Energia Produzida		983757	978838	973944	969074	964229	959408	954611	949838	945089	940363	935661	930983	926328	921696	917088		14 250 907
Energia Produzida Atualizada		953161	918898	885867	854024	823325	793730	765198	737692	711175	685611	660966	637207	614302	592220	570932		11204307
Taxa Degradação	0,50%																	

