

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**DIFUSÃO DA ENERGIA SOLAR RESIDENCIAL PELA
PERSPECTIVA DA ECONOMIA
COMPORTAMENTAL: O CASO DA SOLARCITY**

EDUARDO VARELLA AVILA
Matrícula número: 11417205

ORIENTADOR: Prof. Helder Queiroz Pinto Junior

ABRIL 2020

As opiniões expressas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do autor.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho a meu pai, Marcos Avila, que tanto contribuiu para minha formação desde o ensino básico até o superior. Agradeço pelo seu apoio durante toda a vida escolar, seu incentivo para ingressar na UFRJ e seu suporte durante o curso.

Agradeço à minha mãe, Célia, aos meus irmãos, Pedro e Nina, às minhas avós, Áurea e Thaís, e a todos os outros familiares que deram todo suporte que precisei para minha formação acadêmica. Também agradeço aos meus amigos, principalmente aos colegas de IE, que tornaram esses 6 anos inesquecíveis, em especial àqueles que, comigo, coordenaram os trabalhos da Impactus UFRJ.

Ao meu orientador Helder Queiroz, por ter me apresentado de maneira tão estimulante o tema de economia da energia e ter me orientado na execução deste trabalho. Agradeço também a todo o corpo docente do Instituto de Economia da UFRJ, especialmente aos grupos de energia, que, pela excelência na temática energética na perspectiva econômica, facilitaram o despertar de interesse e a busca de aprofundamento no campo.

RESUMO

A geração distribuída de energia solar tem sido um destaque no atual processo de transição energética. A adoção de energia solar contribui para a redução da emissão de gases de efeito estufa e é atraente para o consumidor final sob o ponto de vista econômico. Nesse contexto, assumindo um padrão decisório racional por parte desses consumidores, a expectativa seria de um grau de adesão à energia solar mais rápido e abrangente do que aquele que tem se observado. Uma possível explicação para é de que as decisões dos consumidores não seguem o padrão de racionalidade que se supõe existir. Neste sentido, a literatura de economia comportamental mostra que barreiras comportamentais tendem a se manifestar de forma sistemática e previsível, e a proposta para neutralizá-las inclui o uso de intervenções no contexto decisório (*nudges*). Essa discussão é particularmente relevante no contexto do novo mercado de geração distribuída, em que o consumidor final adquire protagonismo na tomada de decisão no setor energético. Este trabalho estuda o caso da empresa SolarCity, líder no mercado de energia solar distribuída nos EUA na década de 2010. O interesse do estudo é o de identificar possíveis barreiras comportamentais ao processo de difusão da adoção da tecnologia fotovoltaica e avaliar a eficácia do modelo de negócios implementado pela empresa, no sentido de neutralizar essas barreiras. O modelo de negócios da SolarCity, com a estratégia de criação de comunidades solares e adoção da estrutura de pagamentos mensais, se mostrou consistente com dois tipos de *nudge*: o uso de influências sociais e de mecanismos de neutralização do viés do presente e da aversão a perdas.

Palavras chave: Energia Solar Fotovoltaica, Transição Energética, Geração Distribuída, SolarCity, Inovação, Modelo de Negócio, Economia Comportamental, Nudge, Influências Sociais, Viés do Presente, Aversão a Perdas.

ABSTRACT

Distributed solar energy has been a highlight in the current energy transition process. The adoption of solar energy contributes to the reduction of greenhouse gas emissions and is attractive to the end consumer from an economic point of view. In this context, assuming a rational decision-making process on the part of these consumers, one would expect a faster and wider degree of adherence to the new energy model than is observed. One possible explanation is that consumer decisions do not follow the standard of rationality that is supposed to exist. The behavioral economics literature shows that behavioral barriers tend to manifest themselves in a systematic and predictable way, and the proposal to neutralize them includes the use of interventions in the decision-making context (nudges). This discussion is particularly relevant in the context of the distributed generation market, in which the final consumer takes a leading role in the decision-making process. This work studies the case of the company SolarCity, leader in the distributed solar market in the USA in the 2010s. The goal of the study is to identify possible behavioral barriers to the diffusion process of the adoption of solar photovoltaic systems and to evaluate the effectiveness of the business model implemented by the company, in order to neutralize these barriers. The SolarCity business model, with the strategy of creating solar communities and adopting a monthly payment structure, has proved to be consistent with two types of nudge: the use of social influences and mechanisms to neutralize the present bias and aversion to losses.

Key words: Photovoltaic Solar Energy, Energy Transition, Distributed Generation, SolarCity, Business Model, Innovation, Behavioral Economics, Nudge, Social Influences, Present Bias, Loss Aversion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de propriedade do cliente

Figura 2 - Modelo de negócio TPO

Figura 3 - Top 10 estados em capacidade instalada de energia solar nos EUA em 2017

Figura 4 - Capacidade instalada GDFV no NEM em 2016

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Números da SolarCity 2011-2016

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Âncora e Ajustamento
CPUC	<i>California Public Utilities Commission</i>
CDWR	<i>California Department of Water Resource</i>
EUA	Estados Unidos da América
EC	Economia Comportamental
ITC	<i>Investment Tax Credits</i>
GD	Geração Distribuída
GTM	<i>Greentech Media</i>
FERC	<i>Federal Energy Regulatory Commission</i>
FV	Fotovoltaica
GDFV	Geração Distribuída Fotovoltaica
LCOE	<i>Levelized Cost Of Energy</i>
MW	Megawatt
NEM	<i>Net Energy Metering</i>
NREL	<i>National Renewable Energy Laboratory</i>
kWh	<i>Kilowatt-hora</i>
ROI	<i>Return on Investment</i>
RPS	<i>Renewable Portfolio Standard</i>
TPO	<i>Third Party Ownership</i>
TIR	Taxa Interna de Retorno
VPL	Valor Presente Líquido

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO I: ECONOMIA COMPORTAMENTAL	13
I.1 - O conceito de racionalidade limitada	
I.2 - Sistema 1 e Sistema 2: duas formas de pensar	
I.3 - Escolhas intertemporais e o viés do presente	
I.4 - Influências sociais	
I.5 - Heurísticas e vieses de julgamento	
I.6 - Aversão a perdas e o viés do <i>status quo</i>	
I.7 - Arquitetura de escolhas e <i>nudge</i>	
CAPÍTULO II: INDÚSTRIA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA	23
II.1 - Transição energética	
II.2 - O advento da geração distribuída fotovoltaica (GDFV)	
II.3 - Redução de custos e incentivos governamentais: atratividade econômica	
II.4 - Papel de novos modelos de negócio e mecanismos de financiamento	
CAPÍTULO III: MERCADO SOLAR RESIDENCIAL NA CALIFÓRNIA	32
III.1 - Contexto político e regulatório do setor elétrico dos EUA	
III.2 - Reformas do setor elétrico californiano	
III.3 - Contexto atual do setor elétrico da Califórnia	
III.4 - Evolução recente das fontes renováveis na Califórnia	
III.5 - Políticas de incentivo à GD	
III.6 - Evolução do mercado GDFV na Califórnia	
III.7 - Evolução dos modelos de negócio predominantes no mercado	
CAPÍTULO IV: O CASO DA SOLARCITY.....	45
IV.1 - Visão geral da empresa	
IV.2 - Modelo de negócio	
IV.3 - Barreiras comportamentais e ações da SolarCity de neutralização	
IV.4 - Resultados da inovação no modelo de negócio	
CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

INTRODUÇÃO

A recente difusão de tecnologias de geração distribuída (GD) representa uma profunda transformação nos mercados de energia. O setor elétrico tradicional foi caracterizado pela geração centralizada e fluxo unidirecional de energia, que é transmitida em longas linhas de transmissão e redes de distribuição até o consumidor final. A GD, em contraste, possibilita a geração energética próxima ao local de consumo e cria um fluxo bidirecional de energia, ou seja, a unidade consumidora puxa e também injeta energia na rede elétrica, nos momentos que gera mais do que consome.

A fonte de geração de energia solar fotovoltaica (FV) tem sido destaque nesse processo de transição. A capacidade instalada total de energia solar global cresceu exponencialmente nos últimos anos: de 1,2 GW em 2000 para 580 GW em 2019 (IRENA, 2019). Um estudo recente da Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency* – IEA) prevê que a participação de GD no total do crescimento da capacidade de energia solar FV aumentará de 36% em 2019 para 45% em 2024 globalmente, com crescimento da capacidade instalada de GDFV de mais de 250% chegando a 530 GW em 2024 (IEA, 2019). Os motivos para essa evolução incluem principalmente o significativo declínio de custos dos equipamentos de geração FV, políticas de incentivo a essa modalidade e a preferência por fontes renováveis de energia, por questões ambientais. Além desses fatores, a modularidade e a adequação urbana da energia solar fazem com que esta seja a fonte predominante entre sistemas de GD.

Com o surgimento da inovação da geração distribuída fotovoltaica (GDFV), criam-se as condições para que o papel do consumidor no setor elétrico sofra uma mudança. No modelo tradicional, o usuário final assumia uma postura passiva, reduzida ao pagamento da tarifa cobrada pela distribuidora local. A emergência da GD permite que o consumidor assumira um papel mais ativo no processo de oferta e demanda de energia, e a figura do “prossumidor” tem sido introduzida na literatura do setor. O “prossumidor” é um neologismo que significa a junção das figuras de produtor e consumidor (SIOHANSI, 2019). Na condição de “prossumidor” o indivíduo altera sua participação no processo decisório dentro do sistema. No modelo tradicional centralizado, as empresas do setor tomam as grandes decisões de investimento e de expansão do sistema. No modelo descentralizado, as decisões de investimento e expansão da geração são tomadas também pelos consumidores finais.

Evidências econômicas mostram que a adoção de sistemas de geração distribuída fotovoltaica (GDFV) se tornou competitiva nos anos recentes, em comparação à alternativa de consumo integral de energia da distribuidora local (FU et al., 2017). A redução dos custos de sistemas de GDFV, combinada aos aumentos da tarifa cobrada pelas distribuidoras fazem com que essa alternativa de geração seja economicamente viável em mais de 80% dos mercados globais em 2017 (SEBA, 2017). Logo, assumindo um padrão decisório economicamente racional, isto é, um padrão onde a decisão decorrerá de uma análise da relação custo-benefício de cada alternativa, a expectativa seria de um grau de adesão mais rápido e abrangente a essa nova modalidade do que o observado. Que fatores poderiam estar atuando como barreiras para a difusão da GDFV?

Um primeiro fator pode estar associado a restrições na capacidade de investimento inicial. A adoção de GDFV no modelo de compra à vista envolve um investimento inicial, com retornos financeiros no médio e longo prazo resultantes das economias na conta de luz (em contraponto ao padrão de gastos mensais com energia tradicional). Um segundo motivo pode ser o de que as decisões dos consumidores não sigam o padrão de racionalidade que se supõe prevalecer na tomada de decisão. A literatura de economia comportamental tem demonstrado que, em contextos decisórios como esse, a suposição de racionalidade no comportamento dos agentes econômicos não é verificada empiricamente. As pessoas cometem erros em decisões complexas e esses erros tendem a ser sistemáticos e difíceis de serem eliminados, particularmente em escolhas intertemporais, como é o caso de decisões de investimento em sistemas de GDFV.

Nesse contexto, duas perguntas de pesquisa se destacam: (1) Existem barreiras comportamentais para a adoção de GDFV? e (2) Qual o impacto de novos modelos de negócio para a difusão da GDFV? Ou seja, se existirem barreiras comportamentais, essas inovações são capazes de neutralizá-las?

Para aportar elementos de resposta às questões destacadas acima, o foco deste trabalho é o de investigar o caso de uma empresa norte-americana, a SolarCity, líder no setor fotovoltaico residencial nos EUA de 2007 a 2016. O interesse no estudo do caso é o de (i) identificar e avaliar o modelo de negócio e financiamento que a empresa adotou em seu processo de expansão, (ii) identificar possíveis barreiras comportamentais (para o consumidor) que afetam o processo de expansão da empresa e (iii) avaliar como o modelo de negócios adotado pela empresa lidou e foi eficaz em neutralizar essas possíveis barreiras comportamentais à adoção de GDFV.

O escopo desta pesquisa se insere na conexão da consolidada, porém recente literatura de economia comportamental com o cenário emergente energético de GD. A literatura associada à economia comportamental já é vasta e reconhecida¹, e os principais trabalhos tomados como referência são Thaler e Sunstein (2008) e Kahneman (2011).

A escolha da literatura de economia comportamental para o estudo da difusão da GDFV se justifica pela percepção da introdução de um novo agente decisor no setor de energia elétrica, tradicionalmente marcado por processos decisórios coletivos de especialistas, tanto no âmbito corporativo quanto governamental. Especialmente no segmento residencial, decisões de investimento em sistemas de GDFV são usualmente tomadas por indivíduos sem experiência no setor elétrico e com limitado conhecimento em finanças.

A metodologia a ser utilizada neste trabalho será o estudo de caso. A adoção dessa abordagem justifica-se pelo caráter exploratório da pesquisa, e pelo estágio nascente de desenvolvimento da indústria de GDFV. O estudo será delimitado em duas esferas: geográfica e temporal. Na esfera geográfica, optou-se pelo estado da Califórnia, líder na implementação de energia solar nos EUA, e região de operação inicial da empresa analisada. No âmbito temporal, o período é delimitado entre os anos de 2006 e 2016, período entre a fundação da SolarCity e o ano em que foi incorporada pela montadora de veículos Tesla. Ao mesmo tempo, foi nesse período que se observou o grande desenvolvimento do setor de GDFV nos EUA. As fontes de informação utilizadas envolvem literatura acadêmica (livros e artigos), pesquisas de mercado do setor, documentos de agências reguladoras do setor, planos de negócio e relatórios corporativos, entrevistas dos executivos da empresa, além de matérias veiculadas na mídia.

Este trabalho está organizado em quatro capítulos, além da introdução e conclusão. No primeiro capítulo, são apresentados os principais elementos teóricos sobre economia comportamental, com ênfase nos principais conceitos de alguns dos mais notáveis autores da área: Herbert Simon, Daniel Kahneman e Richard Thaler. As reflexões acerca do modo como julgamos e decidimos servirão de base teórica para a análise da difusão da tecnologia de geração distribuída fotovoltaica (GDFV) em residências. No segundo capítulo, a indústria GDFV é apresentada, desde o contexto geral da transição energética, até as barreiras atuais a seu desenvolvimento e as soluções recentes, com enfoque na importância de novos modelos de negócio. O terceiro capítulo descreve o contexto do setor elétrico e o surgimento e evolução do mercado de energia solar residencial no estado da Califórnia (EUA), local de surgimento da

¹ Nos últimos 20 anos, o Prêmio Nobel de Economia foi concedido três vezes à representantes dessa linha de pesquisa: Daniel Kahneman (2002), Robert Shiller (2013) e Richard Thaler (2017).

empresa SolarCity, cujo caso é estudado no quarto capítulo, com especial ênfase na forma como seu novo modelo de negócio neutraliza barreiras comportamentais observadas na evolução do setor.

CAPÍTULO I: ECONOMIA COMPORTAMENTAL

I.1 - O conceito de racionalidade limitada

Kahneman, psicólogo, Prêmio Nobel de Economia em 2002, afirma que até os anos 1970, a premissa básica no campo das ciências sociais era de que o comportamento decisório dos agentes econômicos podia ser definido como racional e que emoções explicariam os eventuais desvios de um comportamento racional (KAHNEMAN, 2011). Becker, Prêmio Nobel de Economia em 1992, deixa claro a relevância do conceito de racionalidade na teoria econômica: “A mais poderosa teoria das ciências sociais é a visão da economia como uma teoria de comportamento racional ao nível individual; essa é a teoria que adotamos como base” (MIND, 2010).

O conceito de racionalidade pressupõe que as pessoas, explícita ou implicitamente, conseguem definir o problema decisório de forma acurada e, com base nas informações disponíveis e em função de suas preferências pessoais, realizam uma análise custo-benefício de cada alternativa e escolhem a alternativa que maximiza o seu bem-estar pessoal, isto é, na linguagem econômica, a alternativa que maximiza utilidade (BECKER, 1976). Neste processo, não sofrem de restrições cognitivas, nem de influências emocionais ou sociais (BECKER, 1976; SIMON, 1972; KAHNEMAN, 2011).

Simon, Prêmio Nobel em Economia em 1978, questionou a premissa de racionalidade em tomada de decisão pela perspectiva cognitiva. Segundo o autor, as evidências de como as pessoas de fato decidem mostram existir um hiato entre a premissa da racionalidade e o que acontece na prática. A nossa capacidade cognitiva é muito inferior à capacidade necessária para uma tomada de decisão consistente com os padrões de racionalidade. As pessoas desejam ser racionais, mas por limitações cognitivas e de tempo não conseguem. Então, ao invés de buscar soluções ótimas elas aceitam soluções satisfatórias, não ótimas, apenas razoáveis (SIMON, 1972). Simon propôs a expressão *racionalidade limitada*, como uma descrição mais realista do nosso comportamento decisório. Essa expressão definiu as bases do movimento de economia comportamental, conforme afirma Kahneman: “Exploramos a psicologia das crenças intuitivas e escolhas, e examinamos sua racionalidade limitada” (KAHNEMAN, 2003, p. 1449).

I.2 - Sistema 1 e Sistema 2: duas formas de pensar

A partir do conceito de racionalidade limitada, a economia comportamental adota como *framework* de referência a proposta que a nossa maneira de pensar pode ser descrita por dois processos cognitivos, que receberam os rótulos de Sistema 1 e Sistema 2 (STANOVICH e WEST, 2000; KAHNEMAN, 2011). As operações do Sistema 1 são rápidas, automáticas, associativas, involuntárias, usualmente inconscientes e não requerem esforço mental. As operações do Sistema 2 são mais lentas, lógicas, deliberadas, voluntárias e requerem um gasto considerável de esforço mental (KAHNEMAN, 2011). Thaler e Sunstein (2008, p. 19) usam as expressões 'sistema automático' e 'sistema reflexivo' para se referirem a esses dois sistemas e, os caracterizam pelas nossas reações instintivas (o sistema automático) e nossos pensamentos conscientes (o sistema reflexivo).

Neurocientistas analisam a anatomia da atenção usando as expressões 'sistema ascendente' e 'sistema descendente' para descrever, respectivamente, o trabalho da mente veloz e intuitivo e o trabalho da mente mais lento e esforçado (GOLEMAN, 2013, p. 32). A questão do grau de esforço mental envolvido em cada um dos processos cognitivos é um importante fator de distinção entre eles e fornece a indicação sobre se determinado processo mental está associado ao Sistema 1 ou ao Sistema 2 (KAHNEMAN, 2011).

Essa distinção é importante porque esforço mental e atenção deliberada são recursos cognitivos escassos. A capacidade de atenção deliberada, quando ultrapassada, prejudica o desempenho do Sistema 2. Nesse contexto, um traço característico das operações do Sistema 2 é o da busca, sistemática, pela economia no uso de atenção e esforço mental. O Sistema 2 se guia pela "lei do menor esforço" (KAHNEMAN, 2011, p. 35) e adota um comportamento que é caracterizado como "preguiçoso" (KAHNEMAN, 2011, p. 39).

O nosso cotidiano decisório envolve uma interação entre os dois sistemas. O Sistema 1 gera impressões e sentimentos que, se endossados pelo Sistema 2, se tornam julgamentos e decisões (KAHNEMAN, 2003, 2011). Como o Sistema 2 procura minimizar o dispêndio de energia, ele tende a questionar pouco os *inputs* fornecidos pelo Sistema 1, que é o principal ator dos nossos julgamentos e decisões (KAHNEMAN, 2011). Coleman (2013) reafirma esse ponto: "Um fator surpreendente faz o cérebro pender para o sistema ascendente: o cérebro

economiza energia. Esforços cognitivos demandam atenção ativa, a um custo de energia” (p. 34).

O Sistema 1 e o Sistema 2 convivem geralmente em harmonia, segundo Kahneman, mas existem áreas de conflito. Com frequência temos que lidar com tendências a respostas automáticas e intenções de controlar impulsos e administrar conflitos internos entre o que queremos fazer e o que devemos fazer (KAHNEMAN, 2011). Uma dessas áreas de conflito, e de particular importância para este trabalho, se dá em *escolhas intertemporais*, isto é, escolhas onde existe uma separação temporal entre o momento da decisão e suas consequências futuras em termos de benefícios líquidos. Escolhas intertemporais envolvem *trade-offs* entre benefícios a serem vivenciados no presente e benefícios a serem vivenciados no futuro. Thaler e Sunstein (2008, p. 88) cunharam a expressão “bens de investimento” (*investment goods*) para se referir a decisões desse tipo. A escolha de adoção de sistemas de GDFV é um exemplo de decisão de investimento e a compreensão de como nos comportamos nesse contexto é, portanto, de especial relevância para a compreensão do comportamento decisório dos consumidores nesse mercado.

I.3 - Escolhas intertemporais e o viés do presente

Na visão econômica, as escolhas intertemporais exigem e são mediadas por uma *taxa de desconto* para que se possa comparar os custos e benefícios atuais e futuros. Taxas de desconto são usadas para determinar o valor no presente de um benefício a ser usufruído em algum momento do futuro. Por exemplo, se temos a promessa de um pagamento de R\$ 55 em um ano e a taxa de desconto é de 10%, o valor presente do pagamento é de R\$ 50.

O modelo racional de tomada de decisão assume que as taxas de desconto adotadas pelos agentes econômicos seguem uma lógica exponencial: existe uma taxa marginal de substituição entre o consumo em dois momentos diferentes e essa taxa depende, somente, de quão separados no tempo esses momentos estão (ROSS et al., 2013). Por exemplo, se a taxa de desconto entre o ano 1 e o ano 2 é de 10%, então a taxa de desconto entre o ano 5 e o ano 6 será de 10%. Nos dois casos a separação temporal é a mesma, um ano, e, portanto, a taxa de desconto será a mesma.

Evidências empíricas demonstram que a lógica exponencial é violada em decisões de investimento de forma sistemática e previsível (LAIBSON, 1997; THALER e SUNSTEIN, 2008). A taxa de desconto entre dois períodos quaisquer aumenta à medida que esses períodos se aproximam do presente. Escolhas intertemporais tendem, portanto, a ser “dinamicamente inconsistentes” (THALER e SUNSTEIN, 2008, p. 41) e prevalece um ‘viés do presente’ ao avaliarmos os *trade-offs* entre o presente e o futuro. Esse fenômeno caracteriza um ‘desconto hiperbólico’ da renda e gastos futuros (LAIBSON, 1997). Damos muito mais valor ao presente e ao futuro próximo do que ao futuro distante.

Thaler e Sunstein (2008) descrevem diversas situações práticas nas quais o desconto hiperbólico e o viés do presente se manifestam. Quando pensamos, por exemplo, em poupar para a aposentadoria, temos que encarar um *trade-off*: consumir agora ou no futuro; pelo viés do presente, o consumo no curto prazo acaba exercendo um peso desproporcional e reduz o nível de poupança do país. A posse de um cartão de crédito é outro exemplo: Ao invés de aguardarmos o futuro para adquirirmos determinado bem, usamos o cartão (um gasto ‘futuro’) para poder usufruir de um consumo no presente. “É por isso [desconto hiperbólico] que aceitamos pagar juros absurdos, parcelamos as compras - precisamos do produto agora (!) e poupamos pouco para o futuro” (ZEIDAN, 2019). Uma consequência direta do viés do presente é a tendência à inércia e procrastinação em tomada de decisão.

No *framework* do sistema dual de pensamento, o desconto hiperbólico é analisado como um conflito entre o Sistema 1 e o Sistema 2 (THALER e SUNSTEIN, 2008). Quando as opções sob consideração estão todas no futuro, o processo cognitivo reflexivo assume o protagonismo na avaliação da situação e tende a agir de forma mais consistente com o modelo racional. Mas se uma das opções se refere ao presente, o Sistema 1 entra em ação, automaticamente, para fazer valer seus impulsos de gratificação imediata e cria-se um conflito: O Sistema 2 tem um ‘plano de ação’, mas no momento de execução do plano, o Sistema 1 está no comando e em função da presença de gratificações imediatas pode vir a ‘sabotar’ esse plano. Como o Sistema 1 tende a ser um ator de peso na nossa vida decisória, a previsão é de que os benefícios futuros serão prejudicados em prol dos desejos mais imediatos (o viés do presente).

O viés do presente está associado, portanto, a problemas de autocontrole, como por exemplo: seguir dietas, fazer exercícios físicos, parar de fumar, consumir menos e poupar mais. No contexto de investimento em GDFV, as avaliações seguindo a lógica do desconto exponencial mostram que se trata de um gasto economicamente viável e atraente, conforme

será discutido adiante neste trabalho. O viés do presente se constitui em uma possível explicação para a lenta e limitada expansão no uso dessa fonte de energia.

Um primeiro conjunto de estratégias propostas para lidar com o viés do presente envolve a criação de 'dispositivos de comprometimento', por parte do sistema reflexivo, de maneira a evitar que o sistema automático não sabote as escolhas intertemporais planejadas (THALER e SUNSTEIN, 2008). Esses dispositivos, isto é, restrições e incentivos ao sistema automático (Sistema 1), podem ser auto impostos (por exemplo, colocar o despertador do outro lado da cama para que tenhamos que levantar para desligá-lo) ou impostas com ajuda externa (por exemplo, o uso de impostos para reduzir o consumo de cigarros ou o estabelecimento de *blitzes* da lei seca para reduzir a incidência de dirigir alcoolizado).

Um segundo conjunto de estratégias se apoia no conceito de Contabilidade Mental (THALER, 1999). A ideia básica desse conceito é que as pessoas não percebem seus recursos financeiros como se formassem um único pool de recursos. No modelo de agentes econômicos agindo de forma racional, essa é a premissa: percepção do dinheiro como pertencendo a um único *pool* de recursos, isto é, sem rótulo - o princípio da fungibilidade (THALER, 1999). Pelo modelo racional, na avaliação dos custos e benefícios associados a cada gasto potencial, a única consideração importante é o custo de oportunidade associado àquele gasto. O conceito de contabilidade mental sugere uma realidade diferente: as pessoas mantêm um conjunto de operações cognitivas para organizar e avaliar e controlar suas atividades financeiras (de maneira a simplificar o processo decisório) e uma dessas operações é a de criar diferentes contas mentais para lidar com dinheiro.

Ou seja, o dinheiro tem rótulo e contas mentais influenciam escolhas. Quando um dinheiro é alocado à conta mental de investimento, por exemplo, a propensão a gastá-lo é menor do que quando é alocado à conta mental de despesas correntes (THALER, 1999).

I.4 - Influências sociais

Outro ponto explorado por Thaler e Sunstein (2008) em relação às divergências entre a teoria econômica tradicional e a comportamental são as influências e normas sociais. De acordo com o modelo tradicional baseado em agentes racionais, influências sociais são irrelevantes em tomada de decisão. Segundo os conceitos de Economia Comportamental,

entretanto, os indivíduos são criaturas sociais e reagem ao ambiente social onde estão inseridas (THALER e SUNSTEIN, 2008).

As pessoas se comunicam entre si, se preocupam com reputação e inserção na comunidade e são influenciadas por atitudes e comportamentos dos outros. Tendem a seguir normas que refletem o que é socialmente aprovado. Por exemplo, meramente comunicar como uma pessoa deve se comportar em determinada situação pode motivar conformidade (CIALDINI, 1998). Além disso, as pessoas tendem a adotar padrões comunitários de justiça, que, esperam, sejam seguidos pelos membros da comunidade (KAHNEMAN et al., 1986). No ambiente de investimentos (mercado financeiro, por exemplo) a expressão *efeito manada* é de uso corrente. Trata-se de um fenômeno psicológico através do qual as pessoas se engajam em determinada iniciativa não por reflexão pessoal deliberada, mas porque outras pessoas estão engajadas naquela iniciativa (HALFELD e TORRES, 2001; THALER e SUNSTEIN, 2008).

I.5 - Heurísticas e Vieses de Julgamento

Tversky e Kahneman (1974) investigaram como os indivíduos lidam com a incerteza e, em última análise, como se desempenham como estatísticos intuitivos. Adotamos, de forma sistemática, um conjunto limitado de regras informais de julgamento, denominadas de heurísticas, que funcionam bem em geral, mas possuem uma lógica própria que, frequentemente, se choca com a lógica racional², gerando vieses. Esses vieses são sistemáticos e previsíveis. Os autores descrevem três heurísticas: Âncora e Ajustamento (AA), Representatividade e Disponibilidade. A ideia de AA é que em muitas situações envolvendo estimativas sobre valores futuros, as pessoas partem de um valor inicial (âncora) e ajustam esse valor na direção desejada para chegar à estimativa final. Esses ajustamentos tendem, entretanto, a serem tipicamente insuficientes, isto é, enviesados em direção ao valor inicial adotado.

A heurística de AA pode estar presente em decisões de investimento em sistemas de energia solar, à medida que o tomador de decisão se ancore no atual valor da conta de luz para avaliar o investimento a ser feito. Nesse sentido, essa heurística reforça o efeito de aversão a perdas (a ser descrito adiante neste trabalho) em direção à manutenção do *status quo*. No contexto do sistema dual de pensamento, AA reflete uma ação conjunta dos sistemas

² A lógica racional no julgamento estatístico é dada pela teoria da probabilidade.

automático e reflexivo. A definição da âncora é descrita como uma operação automática do Sistema 1 ao passo que o ajustamento se constitui em uma ação do Sistema 2 (KAHNEMAN, 2011).

A heurística da Disponibilidade é usada em situações onde as pessoas têm que avaliar a frequência de uma classe ou a probabilidade de um evento (TVERSKY e KAHNEMAN, 1974) e efetuam o julgamento a partir da facilidade com que casos ou ocorrências do evento possam ser trazidas à mente. Os vieses de julgamento são previsíveis, porque a disponibilidade na memória é afetada por fatores além da frequência e da probabilidade. Finalmente, a heurística da Representatividade se aplica tipicamente a situações onde temos que avaliar a probabilidade de que determinado objeto A (uma pessoa ou um evento) pertença a uma classe B (uma categoria profissional ou se encaixe como sucesso ou fracasso). Pela heurística, a probabilidade será avaliada pelo grau em que A seja representativo (se assemelhe) à B. O uso dessa heurística caracteriza um julgamento baseado em estereótipos.

I.6 - Aversão a perdas e o viés do *status quo*

Uma das bases de Economia Comportamental é a Teoria da Perspectiva - *Prospect Theory* (KAHNEMAN e TVERSKY, 1979). Ela afirma, ao contrário da teoria microeconômica neoclássica, que preferências são instáveis e influenciadas pela maneira que as decisões são apresentadas - o chamado efeito *framing* (TVERSKY e KAHNEMAN, 1981).

Para explicar o efeito *framing*, Kahneman e Tversky propõem em primeiro lugar que as pessoas associam utilidade à quanto ganham ou perdem em função de determinada decisão e não em função de estado final de riqueza, como propõe a Teoria da Utilidade Esperada (KAHNEMAN, 2011). Kahneman e Tversky afirmam que existe uma assimetria de sensações associadas a ganhos e perdas. Perdas têm um impacto emocional de duas a três vezes maior que o impacto associado a um ganho equivalente. Ou seja, perder \$1.000 dói de duas a três vezes mais do que a alegria de ganhar \$1000. Os autores denominam esse fenômeno de '*aversão a perdas*' (KAHNEMAN, 2011).

Kahneman (2011, p. 305) afirma que a aversão a perdas gera uma tendência à manutenção do *status quo* em tomada de decisão: "Aversão a perdas é uma força conservadora que favorece mudanças mínimas no *status quo* nas vidas das pessoas e na vida das instituições"

(KAHNEMAN, 2011, p. 305). Thaler e Sunstein (2008, p. 34) reforçam essa proposta: “Aversão a perdas produz inércia, isto é, um forte desejo de conservar suas posses atuais”. É um tipo de mecanismo cognitivo que, segundo os autores, nos impulsiona “a evitar mudanças, mesmo quando são do nosso interesse” (THALER e SUNSTEIN, 2008, p. 34). O efeito *status quo* é um fenômeno igualmente proposto, e empiricamente observado, por outros autores (SAMUELSON e ZECKHAUSER, 1988). Em uma decisão de investimento que envolva um *trade-off* entre incorrer em custos reais hoje (abrir mão de algo que usufruo hoje) para obter ganhos futuros e talvez incertos, esse efeito no leva a exigir que esses ganhos sejam desproporcionalmente significativos para que a possibilidade de perdas seja aceita.

O viés do *status quo* costuma ser também associado à “falta de atenção”. Muitas pessoas parecem adotar o que chamamos de “*yeah, whatever heuristic*” (“heurística do tanto faz”), afirmam Thaler e Sunstein (2008, p. 35). Isto é, seguem adotando determinado comportamento de forma automática, mesmo sem quaisquer motivos para tal. Nesse sentido, a heurística e viés do *status quo* parecem estar associadas aos dois tipos de pensamento apresentados por Kahneman. A mudança no *status quo* requer, geralmente, algum grau de participação do Sistema 2, que é preguiçoso. Logo, a tendência é nos mantermos no *status quo*.

I.7 - Arquitetura de escolhas e *nudge*

O conceito de racionalidade limitada e suas consequências prevê um padrão de vieses no processo decisório dos agentes econômicos. Como lidar com essa realidade? Segundo Thaler e Sunstein (2008), economistas têm que incluir em seu conjunto de atribuições, o papel de arquitetos de escolha, isto é, assumir a responsabilidade de organizar o contexto no qual as pessoas decidem.

Se determinado padrão de julgamento se mostra limitado e sujeito a erros, ele pode ser objeto de “*nudging*” em direção a um melhor posicionamento frente à escolha a ser feita. A expressão *nudging*, extensamente usada em economia comportamental, se refere, portanto, a uma interferência no contexto decisório do agente econômico de maneira a influenciar a decisão em uma direção previsível e desejada. De forma mais específica, Thaler e Sunstein (2008) conceituam *nudge*:

Um “*nudge*”, na nossa concepção, é um estímulo, um empurrãozinho, um cutucão; é qualquer aspecto da arquitetura de escolhas capaz de mudar o comportamento das pessoas de forma previsível sem vetar qualquer opção e sem mudança significativa em seus incentivos econômicos. Para ser considerada um *nudge*, a intervenção deve ser barata e fácil de evitar” (p. 14).

Thaler e Sunstein (2008) sugerem alguns tipos de cenário decisório onde *nudges* são particularmente relevantes. Decisões onde problemas de autocontrole, aversão a perdas e influências sociais devem surgir, são “excelentes candidatos aos *nudges*” (p. 88). Desses cenários, de particular importância para este trabalho é a situação que Thaler e Sunstein denominam de escolhas intertemporais, isto é, decisões onde existe uma separação temporal entre custos e benefícios (decisões que envolvem custos no presente e benefícios futuros). Nesse sentido, os autores caracterizam o que chamaram de bens de investimento como aqueles em que os custos são imediatos, mas os benefícios demoram a aparecer. Para eles, a maioria das pessoas tende a investir nesses bens menos do que deveria. O caso da adoção de energia solar residencial é um bom exemplo, pois sob o modelo de compra à vista há custos imediatos e retornos futuros nas economias de contas de energia, que duram pelo menos os próximos 20 anos.

Outros critérios que podem ser usados para avaliar a relevância de *nudging* incluem grau de dificuldade, frequência e presença de *feedback* quanto a qualidade da decisão tomada. *Nudging* será de maior relevância quanto maior a complexidade da decisão, menor a frequência com que a decisão em questão é tomada, e menor a oportunidade de aprender com as escolhas do passado. A decisão de adoção de GDFV, pela alta complexidade dos fatores energéticos, tecnológicos e econômicos, além do fato de não ser uma decisão recorrente, se constitui em um tópico fértil de estudo no campo da economia comportamental.

Em função dos vieses de inércia e *status quo*, e do efeito *framing*, alguns tipos de *nudges* parecem ser especialmente relevantes. O chamado *efeito default* se enquadra nessa categoria. Um *default* é uma opção-padrão, automática, para determinado problema. A combinação dos fenômenos de aversão a perdas e de preguiça por parte do Sistema 2 implica em que se uma opção decisória é apresentada como *default* (padrão), ela será bastante atraente. Johnson e Goldstein (2003), por exemplo, discutem o impacto da adoção de opções-padrão em decisões associadas à doação de órgãos e evidenciam que a existência do efeito *default* impacta positivamente o índice de doação nos EUA. Um outro tipo de *nudge* relevante (THALER e SUNSTEIN, 2008) está associado ao impacto de influências sociais em tomada de decisão. Os autores sugerem que arquitetos de escolha podem “simplesmente informar as pessoas a respeito do que outras pessoas estão fazendo” (THALER e SUNSTEIN, 2008, p.

79). Isso terá impacto no comportamento. Finalmente, o conceito de aversão a perda indica que a maneira de estruturar a questão decisória (efeito *framing*) é um *nudge* importante.

CAPÍTULO II: INDÚSTRIA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA

II.1 – Transição energética

Durante o século XX, a indústria de eletricidade se difundiu com o uso de fontes de combustíveis fósseis, em configuração econômica de monopólio natural e economias de escala, a partir de um paradigma tecnológico de geração centralizada. Nesse modelo, caracterizado por fluxos unidirecionais de energia - de usinas de geração para linhas de transmissão e em seguida para a rede de distribuição-, os consumidores assumem um comportamento passivo (PINTO JR. et al., 2016). O início do século XXI vêm mostrando um importante ponto de inflexão na trajetória de evolução deste setor.

O avanço das mudanças climáticas e a crescente preocupação ambiental têm colocado o conceito de transição energética no centro do debate sobre o futuro das indústrias de energia. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) constatou que as emissões relativas à queima de combustíveis fósseis para geração de energia são a principal causa do aquecimento global e da crise climática. Surge, assim, o desafio de lidar com a necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e ao mesmo tempo garantir a segurança do suprimento energético, uma vez que os combustíveis fósseis são a principal fonte de geração de energia no mundo. O aumento da participação de fontes renováveis na matriz energética, como a solar e eólica, surge como resposta para superar estes desafios de expansão sustentável do sistema energético, conforme recomendado pelo IPCC e reiterado no Acordo de Paris em 2015 (IPCC, 2013; UNFCCC, 2015).

Nesse contexto, a transição energética é associada normalmente às transformações necessárias para a migração de uma matriz energética baseada em combustíveis fósseis para uma de fontes renováveis e de baixo teor de carbono (COLOMER, 2018). Apesar de, recentemente, o termo transição energética ter passado a ser amplamente utilizado para referenciar esse processo de descarbonização, quando é analisada a trajetória de desenvolvimento do setor de energia, percebe-se um espectro mais amplo de transformações sociais, políticas, tecnológicas e econômicas relacionadas ao tema (BICALHO, 2018; COLOMER e QUEIROZ, 2019). Neste trabalho, dados os objetivos de pesquisa delineados,

será analisado o contexto do atual movimento de transição, cujo determinante principal é a descarbonização da matriz energética e onde a energia solar vem assumindo um protagonismo inédito.

Essa transição traz desafios relacionados à intermitência da geração de energia. O sistema tradicional, caracterizado por empreendimentos de grande porte com despacho centralizado não é capaz de garantir a segurança de abastecimento diante dessas mudanças. Assim, essa transformação tecnológica deve ser acompanhada de mudanças organizacionais e institucionais adequadas e uma série de novos desafios surgem no setor (PINTO JR. et al, 2016; FERRAZ, 2019).

“Em diversos países já se vê mudança nos mercados elétricos, novos sistemas de rede e novos modelos de negócios para absorver as novas tecnologias com diferenciados custos de capital, de operação e com novas necessidades de financiamento. A difusão de sistemas de micro e mini geração distribuída possui dinâmica muito distinta dos investimentos de grande escala tradicionais dos sistemas de geração centralizados.” (PINTO JR. et al, 2016, p. 198)

O enfoque deste trabalho estará no movimento recente de descentralização da geração de energia, protagonizada pela GDFV, em que a participação do consumidor, tradicionalmente passiva em um sistema de geração centralizada e fluxo unidirecional de energia, se torna cada vez mais ativa. Surge assim a figura do “prossumidor” (produtor e consumidor de energia). O consumidor, antes sem opções de participação direta na produção de energia, agora tem a possibilidade de participar ativamente e gerar a energia que consome (SIOHANSI, 2019; DI SILVESTRE et al., 2018).

II.2 - O advento da geração distribuída fotovoltaica (GDFV)

A energia solar fotovoltaica (FV) possui características singulares que fazem com que esta tecnologia seja predominante entre os sistemas de GD. Sua modularidade permite que o dimensionamento dos sistemas seja flexível e se adeque às necessidades do consumidor. A possibilidade de redução da escala de geração sem perdas significativas de eficiência energética é uma das vantagens únicas à energia solar quando comparada às outras fontes. Além disso, sua singular facilidade de adequação ao meio urbano, ou seja, o fato de que painéis FV podem ser instalados em lugares da cidade onde as demais tecnologias de geração não poderiam ser instaladas, como telhados e postes de luz, faz com que a GD possa ser implementada em locais próximos ao consumo de energia.

A GD pode ser classificada em diferentes aspectos, como localização e capacidade. O Conselho Internacional de Grandes Redes Elétricas (*Conseil International des Grande Réseaux Électriques* - CIGRÉ) define GD como uma geração com capacidade máxima entre 50 e 100 MW, conectada à rede de distribuição e não planejada nem despachada de maneira centralizada. O Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (*Institute of Electrical and Electronic Engineers* – IEEE) a define como geração suficientemente menor que a geração centralizada de maneira que a conexão pode ser feita perto da carga. Por fim, o Departamento de Energia dos EUA (*Department of Energy* – DoE) define GD como a eletricidade gerada a partir de fontes geralmente renováveis perto do ponto de consumo (ou na própria unidade consumidora), em vez de fontes de geração centralizada de usinas de energia (PEPERMANS et al., 2005).

II.3 - Redução de custos e incentivos governamentais: atratividade econômica

Nos anos recentes, as evoluções tecnológicas – caracterizadas pelo aumento da eficiência e a queda dos custos - e regulatórias têm permitido a ampla difusão da indústria de energia solar fotovoltaica. Os preços dos painéis solares tiveram uma queda significativa nas últimas décadas, principalmente pelo aumento da escala de produção a nível global. Em 1956, o custo dos painéis era de US\$ 300 por Watt; em 1975, esse valor caiu para pouco mais de US\$ 100 por Watt; e hoje o custo pode chegar a US\$ 0,50 por Watt (RICHARDSON, 2018). Segundo relatório do Laboratório Nacional de Energia Renovável dos EUA (*National Renewable Energy Laboratory* - NREL), os custos para instalações solares residenciais caíram 70% entre 2010 e 2017 (FU et al., 2017). Nos EUA, o crescimento da indústria foi particularmente acentuado no segmento residencial e a viabilidade econômica do setor foi auxiliada significativamente pelo declínio nos preços dos sistemas para módulos fotovoltaicos, inversores e os chamados custos de balanço de sistema (*Balance of the System* - BOS)³.

Somada à tendência de custos decrescentes de GDFV versus a tendência das tarifas convencionais crescente de energia elétrica, os incentivos regulatórios e políticas públicas completam o cenário positivo para a difusão da GDFV nas décadas de 2000 e 2010 nos principais centros econômicos globais. Nesse sentido, destaca-se o que nos EUA ficou conhecido como *net-metering* (NEM). O NEM permite que os segmentos residencial e

³ Os custos do BOS incluem: inversores, fiação, montagens, estruturas, fundações, interconexão de correntes, engenharia/projeto, mão de obra (geral e elétrica), bem como despesas gerais e administrativas, incluindo margens de lucro para os fornecedores.

comercial se beneficiem de uma política de compensação de energia adotada por muitas jurisdições nos EUA, em que o excedente de eletricidade gerado pelo sistema solar em um determinado momento no tempo pode ser vendido de volta ao fornecedor de serviços de eletricidade, na mesma tarifa que o cliente seria cobrado pelas compras de eletricidade.

Darghouth et al (2011) analisaram o impacto do NEM sobre as economias nas contas de energia elétrica de prossumidores na Califórnia, e encontraram que a política foi um fator fundamental para a viabilização econômico-financeira dos projetos de GDFV e para a difusão desse mercado nos EUA. Além do NEM, os padrões de portfólio renovável em nível estadual, a política tributária federal americana proporcionou, na forma de crédito tributário federal para investimentos (*Investment Tax Credits* - ITC), um impulso substancial à energia solar fotovoltaica (COMELLO e REICHELSTEIN, 2016).

Em um mercado em que o NEM se aplica e a tarifa de energia é fixa, um investimento em GDFV terá um valor presente líquido (VPL) positivo se e somente se a tarifa exceder o custo nivelado de energia (*Levelized Cost Of Energy* - LCOE). Essa medida é calculada com base em quilowatt-hora (kWh), e agrega todos os componentes de custo de uma instalação de GDFV, incluindo investimentos iniciais, custos operacionais, impostos e outros custos. O VPL do projeto é proporcional à diferença entre a tarifa e o LCOE, com o fator de proporcionalidade linear no tamanho da instalação solar (COMELLO e REICHELSTEIN, 2016).

Duthu et al. (2013) demonstram os benefícios econômicos do uso da GD para a geração própria de eletricidade em comparação ao consumo integral de eletricidade da rede, quando o LCOE da GDFV é mais baixo que a tarifa convencional. Tony Seba (2014) caracteriza o ponto em que a energia gerada pela GDFV se torna mais barata do que a energia convencional da rede elétrica, como o ponto de “paridade da rede” (*grid parity*), ou paridade tarifária. Esse é um ponto estudado pela literatura econômica do setor e pesquisas de mercado, que buscam capturar esse momento e antecipar as grandes mudanças que estão por vir, uma vez que representa uma mudança de paradigma. Segundo o autor, este ponto já foi atingido em 2017 em 80% dos mercados globais de energia, e é o fator crucial para a ampla difusão da GDFV, uma vez que se torna uma alternativa vantajosa financeiramente (SEBA, 2017).

A ultrapassagem do ponto de paridade da rede, isto é, o momento em que passa a ser mais barato consumir energia gerada pelos painéis solares do que permanecer com o consumo integral da rede, significa, a partir do arcabouço teórico da microeconomia neoclássica, que todos os agentes que têm acesso a esta alternativa, agindo de forma racional, adotariam a

GDFV. Existem barreiras, no entanto, que impedem sua plena difusão, e algumas delas são de natureza comportamental, conforme será discutido neste trabalho.

II.4 – Papel de novos modelos de negócio e mecanismos de financiamento

Apesar da atratividade econômica do investimento em GDFV (medida por indicadores financeiros como VPL, TIR, ROI e *payback* descontado, LCOE e paridade da rede), acredita-se haver usualmente, principalmente no segmento residencial, um potencial sub-aproveitamento dessas oportunidades. Os motivos para esse sub-aproveitamento incluem falta de capital inicial, limitado acesso a crédito, altos custos de transação, além de barreiras culturais e comportamentais. Com a descentralização trazida pela GD, a decisão de investimento passa a ser de indivíduos, muitos dos quais com limitada (ou nenhuma) experiência decisória nas áreas de energia e finanças.

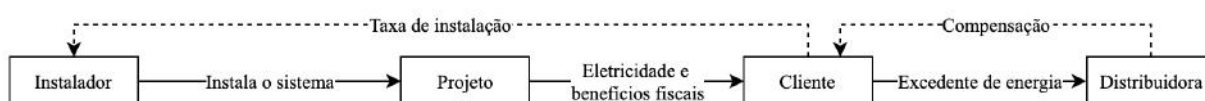
Novos modelos de negócio e mecanismos de financiamento inovadores ganharam mercado especialmente na década de 2010, nesse contexto de baixo aproveitamento de oportunidades atrativas de investimento em GDFV, principalmente no segmento residencial. Esses modelos estruturam ofertas que criam valor para a empresa e simultaneamente ofereçam vantagens para o consumidor final de eletricidade, sem que este precise fazer aportes iniciais (UMIHANIC, 2014). Zhang (2016) define modelo de negócio como a estrutura de propriedade de projetos de GDFV em sua fase de operação. Para o autor, mecanismos de financiamento para projetos de GDFV referem-se às formas de mobilizar e canalizar recursos financeiros na fase de construção destes projetos.

II.4.1 - Modelos de Negócio

Zhang (2016) fornece uma extensa revisão dos modelos de negócios e mecanismos de financiamento para projetos de GDFV nos EUA. De acordo com o modelo de propriedade e financiamento do projeto, o autor faz um resumo dos modelos de negócios existentes nos EUA: modelo de propriedade do cliente, modelo de propriedade de terceiros e modelo de geração compartilhada comunitária.

No modelo de propriedade do cliente, representado na Figura 1, o sistema fotovoltaico pertence ao proprietário do imóvel, que realiza a compra à vista. O proprietário paga todos os custos de investimento, operação e manutenção do sistema e outros custos associados à conexão à rede. O sistema fotovoltaico geralmente é instalado por terceiros. Em troca, o cliente recebe todos os benefícios associados à propriedade de um sistema fotovoltaico: geração própria de eletricidade, resultando em economia de energia com a conta final de eletricidade, o direito de vender excesso de energia à rede pela tarifa corrente, e os benefícios fiscais de até 30% sobre o valor do investimento.

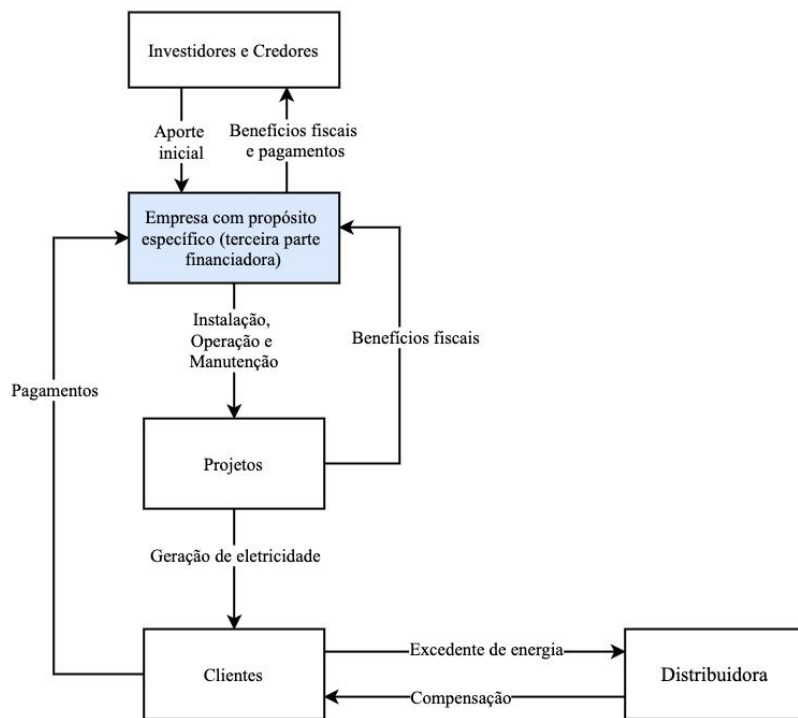
Figura 1 - Modelo de propriedade do cliente



Fonte: Zhang (2016) e adaptado pelo autor

O modelo de propriedade de terceiros (*third party ownership - TPO*), representado na figura 2, também conhecido como 'modelo SolarCity', foi uma importante inovação na indústria de GDFV e foi um dos principais *drivers* da difusão desse mercado nos EUA (GRAHAM et al., 2008; LOWDER et al., 2015). Nesse modelo, o sistema fotovoltaico pertence a terceiros, e não ao cliente. O tipo de contrato e a estrutura de pagamento podem assumir a forma de um arrendamento solar (*solar leasing*) ou um contrato de compra de energia solar (PPA). Essas opções serão detalhadas no capítulo 4.

Figura 2 - Modelo de negócio TPO



Fonte: Zhang (2016) e adaptado pelo autor

Por fim, no modelo de geração compartilhada comunitária, a energia é gerada através de instalações de média escala que pertencem coletivamente aos consumidores, que devem ser clientes de uma mesma concessionária. Os investidores da usina solar desenvolvem o projeto e passam aos clientes a propriedade direta através da opção de compra dos painéis solares em operação. Os proprietários de painéis recebem, então, créditos em suas contas de energia elétrica pela energia produzida e pagam uma taxa para a concessionária. Esse modelo permite que consumidores que não têm telhado tecnicamente viável para instalação de painéis, como por exemplo aqueles que moram em apartamentos, ou que têm o telhado com sombras, possam acessar os benefícios da energia solar, ao comprar um ‘lote’ da usina, que é instalada em lugares frequentemente conhecidos como ‘fazendas solares’.

II.4.2 - Mecanismos de financiamento

A emergência do novo modelo de negócio (TPO) demandou a evolução conjunta de mecanismos de financiamento adequados, dada a característica capital-intensiva dessas atividades. Neste sentido, mecanismos de financiamento para projetos de energia de GDFV são

entendidos como aqueles usados para levantar fundos de investidores, incluindo fundos do governo, e de empresas, estatais ou privadas. Os investidores privados incluem corporações como empresas de eletricidade, investidores de varejo, como indivíduos, organizações financeiras como bancos e seguradoras, fundos de investimento e firmas de *private equity*, além de fundações e universidades (DONOVAN, 2015).

Os investidores de entidades privadas em projetos de GDFV consistem em investidores estratégicos que podem ser empresas de energia existentes, ou empresas recém-estabelecidas operando com a tecnologia fotovoltaica como atividade principal. A principal diferença entre investidores estratégicos e financeiros é que os investidores estratégicos geralmente preferem ativos reais, envolvendo propriedades físicas (como o sistema FV), e os investidores financeiros preferem ativos financeiros menos tangíveis. E os investidores estratégicos não possuem recursos financeiros suficientes para fazer grandes investimentos em projetos de GDFV (ZHANG, 2016).

Os mecanismos de financiamento atualmente disponíveis aos clientes finais para projetos de GDFV nos EUA podem ser agrupados em quatro principais categorias: autofinanciamento convencional, financiamento com posse de terceiros, financiamento público, e o emergente financiamento coletivo.

O autofinanciamento é amplamente adotado nos EUA, e, dentro dessa categoria, a compra à vista é a modalidade com o menor custo para adquirir um sistema fotovoltaico, pois nenhum custo de financiamento é incorrido. Existem outras formas de autofinanciamento (cooperativas de crédito, por exemplo), mas o acesso a essas opções exige que os proprietários tenham boa pontuação de crédito, além de ter *home equity* suficiente para financiar o sistema.

O financiamento com posse de terceiros (também chamado de financiamento SolarCity) surge em conjunto com o modelo de negócios de posse de terceiros (TPO), e ambos são usados de forma combinada. É importante notar que o financiamento com propriedade de terceiros discutido aqui refere-se ao mecanismo de financiamento na fase de desenvolvimento, e não ao estágio de operação dos projetos de GDFV (ZHANG, 2016).

Os modelos de mecanismos de financiamento público e relativos à concessionária (*utility*) não tem relação direta com o objeto de estudo deste trabalho, mas podem ser encontrados em Zhang (2016). Por fim, o financiamento coletivo para projetos de energia solar (*solar crowdfunding*) é um novo mecanismo em que o investimento é feito por indivíduos pela

internet. Empresas que operam essas plataformas juntam diversos pequenos investidores individuais e oferecem retornos financeiros ao longo do tempo. O capital levantado é emprestado para desenvolvedores de projetos de GDFV de pequeno e médio porte, a uma taxa superior ao retorno dos investidores. A remuneração do investimento vem dos pagamentos mensais dos clientes da empresa.

A discussão sobre mecanismos de financiamento para projetos de GDFV inclui a definição do termo "mecanismo de financiamento inovador". Mecanismos inovadores abarcam não apenas aqueles destinados a captar recursos, mas também os que melhoram o uso desses fundos (GARGASSON e SALOMÉ, 2010). Um relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (*United Nations Environment Programme* – UNEP) considerou que um mecanismo de financiamento inovador pode ser um novo instrumento de financiamento comercializável ou inovações políticas para fomentar o uso de GDFV (UNEP, 2007).

A revisão da literatura demonstra, em suma, que os modelos de negócios inovadores para projetos de GDFV são uma importante força motriz para a indústria. O próximo capítulo descreve o desenvolvimento da indústria GDFV no estado da Califórnia, reconhecidamente líder no país no setor, e estado onde surgiu a SolarCity - cuja estratégia corporativa será o caso de estudo no quarto capítulo.

CAPÍTULO III: MERCADO SOLAR RESIDENCIAL NA CALIFÓRNIA

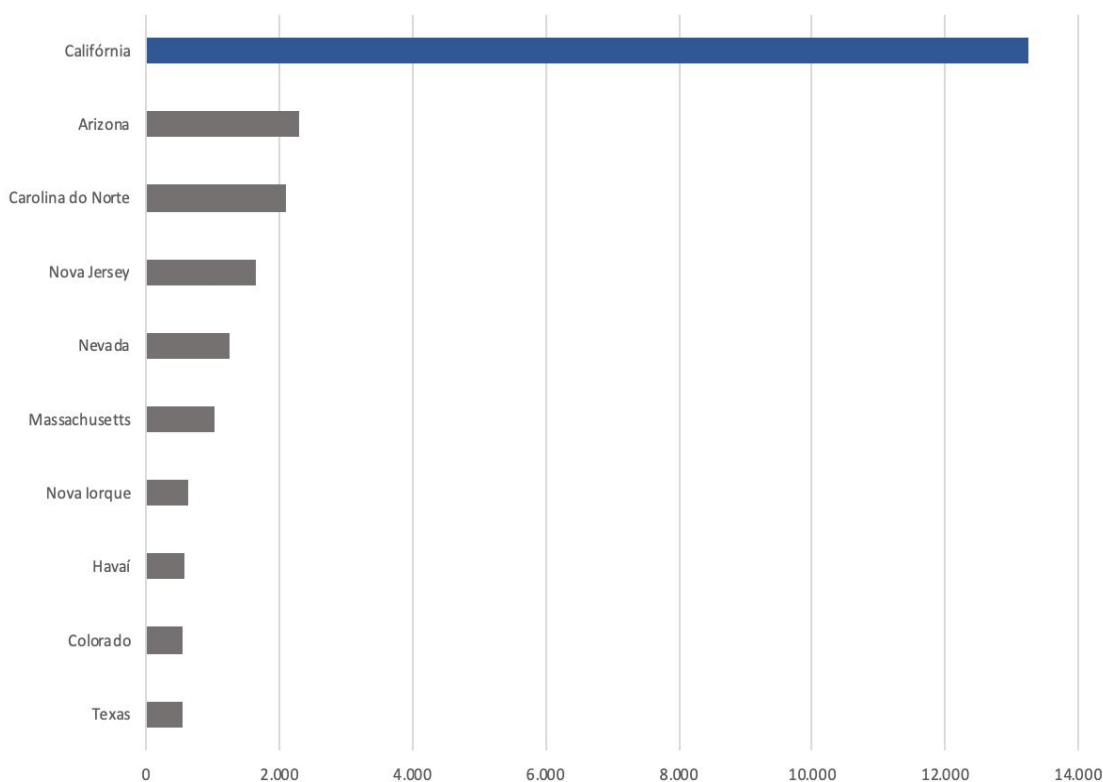
III.1 - Contexto político e regulatório do setor elétrico dos EUA

O setor elétrico é, desde seu surgimento, altamente regulado. Isso ocorre principalmente pela sua importância para a infraestrutura e para o desenvolvimento econômico, suas externalidades e características básicas de seu modo de organização industrial. A participação estatal sempre ditou seu curso, embora o nível de participação tenha variado muito entre os países industrializados (PINTO JR et al., 2016).

O modelo desenvolvido nos EUA é centrado no controle dos monopólios privados das indústrias de rede. Em função da dimensão continental e do arcabouço político-institucional federalista, um grande poder regulatório foi dado às *public commissions* estaduais a partir dos anos 1930 (PINTO JR et al., 2016). Na Califórnia, a CPUC (*California Public Utilities Commission*) é a agência reguladora estadual com jurisdição sobre os agentes privados que atuam na prestação de serviços públicos (*utilities*), como a eletricidade.

O estado, que é o mais populoso e centro industrial do país, é reconhecidamente o berço de novas tecnologias, e com a energia solar não foi diferente. A figura 3 ilustra a liderança do estado em relação ao restante do país em termos de capacidade instalada de energia solar em 2017. Um aspecto crucial desse avanço foram as legislações e permissivas para novos modelos de negócios e as políticas de incentivo à GDFV.

Figura 3 - Top 10 estados em capacidade instalada de energia solar nos EUA em 2017



Fonte: elaboração do autor com dados de Sindy (2019)

III.2 - Reformas do setor elétrico californiano

Até meados dos anos de 1990, o setor elétrico da Califórnia era dominado por monopólios integrados verticalmente, com destaque para as três principais *utilities*: a *Pacific Gas and Electricity (PG&E)*, a *Southern Edison California (SEC)* e a *San Diego Gas & Electricity (SDG&E)*. Apesar do domínio dessas empresas, a participação de produtores independentes já era historicamente significativa devido, em grande medida, ao sucesso da *Public Utility Regulatory Policies Act (Lei PURPA)*, implementada em 1978 (CÂMARA et al., 2018)⁴.

A lei visava promover o desenvolvimento de fontes renováveis de energia em pequena escala para geração de eletricidade e determinava que as concessionárias adquirissem toda a energia gerada por produtores independentes através de contratos de longo prazo, com duração

⁴ Em 1995, 23% da energia elétrica produzida na Califórnia ocorreu a partir de produtores independentes de energia (WEARE, 2003).

de 20 a 30 anos (JOSKOW, 2000; SWEENEY, 2006). A precificação da eletricidade feita pela CPUC resultou, no entanto, em preços médios finais elevados e crescentes no estado (SWEENEY, 2006).

As tarifas varejistas de eletricidade na Califórnia figuravam entre as maiores do país na década de 1980 (JOSKOW, 2001). Nos anos 1990, além de uma pressão pela redução dos preços, iniciou-se um processo de questionamento da estrutura vigente e uma pressão por maior competitividade, em linha com as tendências neoliberais da época (CÂMARA et al., 2018).

Em 1992, a CPUC iniciou um processo de reformas do setor elétrico californiano, no sentido de ampliar a competição e a atuação das forças de mercado, enfatizando o estabelecimento de um mercado varejista em que os consumidores escolhessem seu fornecedor de eletricidade, e priorizando fontes renováveis, em detrimento aos combustíveis fósseis (MACK, 2015). O processo de reformas foi lento nos anos iniciais principalmente pela resistência das *utilities*. Para conquistar o apoio das *utilities*, foi previsto um período de transição de quatro anos, durante o qual as tarifas varejistas de eletricidade seriam congeladas ao nível de 1996, a fim de assegurar a remuneração dos custos incorridos no passado (CÂMARA et al., 2018).

Paralelamente, foi determinada a redução das tarifas de energia para consumidores residenciais e pequenos consumidores comerciais em 10% (em relação às tarifas de 1996). A definição de um teto resultou, entretanto, em uma contradição à medida que as taxas cobradas pelas *utilities* durante a transição para a recuperação de seus custos poderiam conflitar com o teto imposto às tarifas varejistas. O pressuposto assumido pelo regulador era que, com a abertura do mercado, os preços seguiriam trajetória descendente (CÂMARA et al., 2018).

Esse processo de reformas não teve, no entanto, os resultados esperados no final da década. A ampliação da competição não foi atingida, principalmente porque as novas entrantes não foram capazes de competir com as *utilities* em termos de preço. Além disso, ao contrário da expectativa do regulador, os preços no mercado atacadista tiveram trajetória ascendente após a instituição das medidas regulatórias dos anos 1990, apresentando um aumento de 500% entre o segundo semestre de 1999 e o segundo semestre de 2000 (CÂMARA et al., 2018).

A alienação dos ativos de geração das *utilities* imposta pelo processo de reformas fez com que estas passassem a adquirir a eletricidade em mercados *spot* com alta volatilidade (SWEENEY, 2006). E a introdução da concorrência no segmento de geração, em presença de

oligopólio, levou ao exercício do poder de mercado e à manipulação das condições de geração. Os geradores manipularam os preços no mercado *spot* que foram, em média, multiplicados por um fator de 20 na virada do milênio. Essa situação, somada ao congelamento das tarifas varejistas criou um desequilíbrio econômico-financeiro para as *utilities*, pois estas compravam eletricidade a preços superiores aos que eram autorizadas a revender (JOSKOW, 2001).

A insolvência das distribuidoras e a ruptura do suprimento de eletricidade no verão californiano de 2000 caracterizaram a crise energética no estado. Houve necessidade de intervenção do regulador federal (FERC) nas decisões da *Public Utility Commission*, e o estado da Califórnia precisou socorrer financeiramente as empresas de distribuição. Esse episódio colocou em xeque uma série de reformas e levou o FERC a sugerir um conjunto de diretrizes para a reforma em outros estados (PINTO JR. et al., 2016).

A evolução pós-2001 do setor elétrico californiano foi fortemente influenciada pelas consequências dessa crise (MACK, 2015). Foram necessárias correções a fim de corrigir os efeitos de medidas principalmente relacionadas ao controle dos preços no mercado varejista e a forte dependência em relação ao mercado *spot* (SWEENEY, 2006). Em 2001, o Estado, na figura do *California Department of Water Resource* (CDWR) foi autorizado a comprar eletricidade, através de contratos de longo prazo, para revender para as *utilities* (WEARE, 2003), uma vez que estas estavam impossibilitadas financeiramente de adquirir contratos de longo prazo (CÂMARA et al., 2018).

O fato de o Estado, na figura do CDWR, ter se tornado o principal comprador de eletricidade, alterou fundamentalmente a estrutura de mercado da Califórnia. Os custos incorridos pelo CDWR na compra de eletricidade seriam inicialmente cobertos pelo tesouro estadual, e posteriormente seriam repassados aos consumidores finais. Como um dos resultados desse novo arranjo, em 2001 passou a vigorar o aumento do preço da eletricidade no mercado varejista em uma média de 40% (JOSKOW, 2001).

Paralelamente, em 2001, a CPUC suspendeu a liberalização do mercado varejista, restabelecendo o papel das *utilities* como únicas fornecedoras de eletricidade em suas respectivas áreas de atuação (MACK, 2015). Essa decisão refletiu, em parte, a necessidade de garantir que a energia contratada pelo estado fosse absorvida pelas *utilities* mesmo depois que a crise terminasse. Em 2002, no entanto, a CPUC votou e aprovou uma decisão que abriu uma exceção à proibição dos contratos de acesso direto, de modo que os consumidores varejistas não-residenciais que optassem por firmar contratos de fornecimento de eletricidade com

fornecedores de serviços elétricos (*Electric Service Providers – ESPs*⁵) poderiam fazê-lo, mediante o pagamento de uma “taxa de saída” (*exit fee*) à *utility* local (SWEENEY, 2006; EIA, 2017).

Para evitar uma nova crise, foram aprovadas legislações em 2002 que autorizaram a CPUC a desenvolver um arcabouço regulatório similar ao que precedeu as reformas. A responsabilidade pela contratação de eletricidade, que em função da crise financeira havia sido transferida para o CDWR, foi retomada pelas *utilities*. Também foi exigido que a CPUC adotasse um 'Plano de Contratação de Longo Prazo', a fim de garantir disponibilidade suficiente de recursos ao longo do tempo. Por fim, foram estabelecidas diretrizes para solicitações de contratação, recuperação de custos associados à compra de eletricidade e a integração de recursos renováveis ao planejamento de longo prazo (CPUC, 2020).

Após as diversas reformas do setor elétrico da Califórnia, as três principais *utilities* (PG&E, SEC e SDG&E), apesar da manutenção do controle das atividades de rede e do mercado varejista, tiveram sua participação na geração de energia reduzida, já que foram incentivadas a alienar seus ativos de geração à base de combustíveis fósseis. Assim, atualmente, a geração de energia na Califórnia é uma atividade exercida predominantemente por produtores independentes de energia (STOKES, 2015).

Para este trabalho, algumas conclusões do processo de reformas são especialmente relevantes. Em primeiro lugar, a forte influência regulatória no setor após a crise ditou o curso da evolução dos novos modelos de negócio, que serão descritos no capítulo 4. As tarifas varejistas de energia crescentes e voláteis, por sua vez, fazem com que alternativas de geração própria sejam mais atrativas. Por fim, o histórico de liberalização do mercado, a pressão pela diversidade de opções na contratação de eletricidade, a histórica presença de produtores independentes e a participação de fontes renováveis na geração de energia do estado configuram terreno fértil para o surgimento da SolarCity nos anos 2000.

III.3 - Contexto atual do setor elétrico da Califórnia

No segmento de distribuição, a tarifa final cobrada ao consumidor final pelas *utilities* é

⁵ Um ESP consiste em uma entidade que não é parte integrante das *utilities* e que fornece serviços elétricos aos consumidores que se encontram no território de atuação das *utilities*.

regulada pela CPUC. Para a definição dessas tarifas é utilizada uma regulação do tipo *revenue cap*, e o processo de revisão tarifária se dá a cada três anos. Durante esse processo, a CPUC examina e aprova os custos projetados pelas empresas, de forma a estabelecer a receita máxima permitida para os anos seguintes. Em seguida, é projetada a demanda de mercado para calcular as tarifas finais cobradas (CPUC, 2020). Com a fixação da receita, a gestão de custos define o lucro que será alcançado pela *utility*.

As tarifas de eletricidade aplicadas ao segmento residencial na Califórnia são volumétricas (US\$ por kWh consumido), são definidas a partir de uma estrutura de *tiers*, e são escalonadas de acordo com a faixa de consumo. Historicamente, a estrutura contava com quatro faixas de consumo, com preços por kWh aumentando progressivamente conforme o consumo, de forma a estimular a eficiência energética (CÂMARA et al., 2018).

Em 2001, em resposta à crise energética, esse sistema de *tiers* sofreu alterações, que permanecem até os dias de hoje. Um dos efeitos da crise foi a elevada volatilidade da tarifa de energia elétrica e, para proteger os consumidores da trajetória errática dos preços do mercado, o regulador definiu um teto para as tarifas residenciais. O resultado prático foi o congelamento do valor dos dois primeiros *tiers*. Durante os anos seguintes, todos os aumentos tarifários foram aplicados aos *tiers* superiores, penalizando ainda mais os consumidores com maior nível de demanda (CÂMARA et al., 2018). Essa volatilidade da tarifa de energia é, como será visto, outro fator importante para a proposição de valor pela SolarCity, já que a empresa promete fluxos de caixa mais previsíveis relacionados às despesas com energia

Em 2010 foi aprovada uma medida que revogou o congelamento das tarifas dos dois primeiros *tiers*, que poderiam, então, sofrer ajustes anuais entre 3% e 5%. Apesar de a revogação ter aliviado parcialmente a pressão sobre os *tiers* superiores, os efeitos do congelamento não foram eliminados. Em 2015, foi definida a reforma das tarifas residenciais, com a decisão de reformar o sistema de quatro para dois *tiers*, com diferença máxima de 25% no valor das tarifas. A reforma também determinou a aplicação de tarifas do tipo *time of use*, ou seja, variáveis de acordo com a hora do consumo, a todos os consumidores residenciais (inclusive os que não possuem sistemas fotovoltaicos), a partir de 2019. O esquema de *tiers* funcionou como um forte estímulo à instalação de sistemas de GDFV. Isso porque já em 2012 o custo nivelado (LCOE) de um sistema fotovoltaico para um consumidor residencial era estimado entre US\$ 0,25 e US\$ 0,29 por kWh, enquanto a tarifa aplicada ao *tier* quatro era de US\$ 0,33 por kWh. Esse dado demonstra que consumidores cuja demanda atingia os *tiers* superiores tinham forte incentivo para instalar painéis fotovoltaicos (CÂMARA et al., 2018).

Ao analisar a evolução histórica do montante de eletricidade comercializado na Califórnia, verifica-se um comportamento estável no período considerado. Em 2016, foi comercializado no estado um montante total de eletricidade que praticamente se igualou ao nível de 2005, porém com uma alocação entre os segmentos de consumo levemente distinta (CÂMARA et al., 2018). No mesmo período, o estado alcançou taxas de crescimento econômico superiores ao resto do país (WINKLER, 2018). Ou seja, não foi uma desaceleração da atividade econômica que estagnou o crescimento da demanda por eletricidade. A estabilidade da demanda na Califórnia reflete os esforços empreendidos no estado no sentido de aumentar os níveis de eficiência energética, associados às inúmeras políticas de incentivo a tecnologias alternativas de geração de eletricidade. O estado apresenta um dos menores níveis de consumo per capita no segmento residencial do país, ficando atrás apenas do Havaí (CÂMARA et al., 2018).

III.4 - Evolução recente das fontes renováveis na Califórnia

Uma das tendências marcantes do período analisado é o crescimento exponencial da capacidade de geração fotovoltaica, que respondeu por 36,4% de todo o acréscimo de capacidade no período, tendo atingido 8,6 GW⁶ instalados em 2016. A capacidade de geração eólica também deu um salto no período, passando de 1,5 GW em 2001 para 5,6 GW em 2016, o que representou 17,4% do aumento da capacidade total instalada (CÂMARA et al., 2018).

Assim como em diversas regiões em que houve um forte investimento em fontes renováveis, a motivação inicial para esse apoio se concentrava em responder a problemas ambientais e de segurança energética. Os primeiros avanços na difusão de tecnologias renováveis se deram na década de 1970, com a aprovação da Lei PURPA. Desde então, verifica-se a presença de mecanismos de incentivo a fontes alternativas e renováveis (CÂMARA et al., 2018).

A partir da colaboração entre diversos órgãos institucionais (CEC, CPUC e a recém-criada *California Power Authority - CPA*), foi elaborado o *Energy Action Plan* em 2003. O plano tinha como objetivo construir uma abordagem unificada, voltada a assegurar a oferta de eletricidade adequada, confiável e a preços razoáveis no estado. Para isso, foi estabelecida a

⁶ Esse montante não inclui plantas de geração FV de pequeno porte (menores que 1 MW) (CEC, 2017).

diretriz de investimento, por ordem de prioridade, em medidas de eficiência energética e de resposta à demanda consideradas alternativas adequadas para minimizar o crescimento da demanda por energia elétrica, seguidas por investimentos em energias renováveis e GD (CPUC, 2020).

Através das políticas de incentivo às fontes renováveis de geração de eletricidade, o estado da Califórnia vem apostando em metas ambiciosas para redução da emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE). Em 2006, através da aprovação da *Senate Bill 1368*, a CPUC implementou o *Greenhouse Gas Emissions Performance Standard*, através do qual foi estabelecido um padrão de desempenho de emissões de GEE, em um esforço para mitigar as mudanças climáticas. Essa medida pioneira à época determinava que todos os novos investimentos em geração de eletricidade fossem realizados em plantas de geração que apresentassem um limite superior de emissões (CPUC, 2018).

Em 2011, o governador Jerry Brown estabeleceu o objetivo geral de adicionar 20 GW de geração renovável na Califórnia até 2020, composto por 8 GW de geração centralizada e 12 GW de GD. Segundo a CEC (2017), o objetivo relacionado à geração centralizada foi alcançado. Já no que diz respeito à GD, ao final de outubro de 2016 quase 9,4 GW já estavam em operação, além de outros 900 MW instalados e aguardando o início da operação. Em outubro de 2013, a CPUC estabeleceu o objetivo de que até 2020 as *utilities* e produtores independentes de eletricidade, instalem 1.325 MW de estocagem de eletricidade (CÂMARA et al., 2018).

III.5 - Políticas de incentivo à GD

A Califórnia é caracterizada por uma postura vanguardista no escopo das fontes renováveis de energia. A reforma do setor elétrico implementada em 1996 contemplou iniciativas de incentivos nessa direção, como o *Renewable Energy Program*, que tinha o intuito de promover investimentos na ordem de US\$ 540 milhões em projetos de fontes renováveis entre 1998-2001⁷ (SAWIN, 2001). Atualmente, as principais políticas de incentivo que fomentaram a difusão da energia solar no estado são: *Renewable Portfolio Standard (RPS)*, *Business Energy Investment Tax Credit (ITC)*, *Modified Accelerated Cost Recovery System (MACRS)* e *Net Energy Metering (NEM)*.

⁷ De acordo com as diretrizes do programa, 45% dos recursos seriam investidos em projetos já existentes, 30% em novos projetos, 15% iria para projetos de educação do consumidor e GD e 10% seria investido em novas tecnologias (CÂMARA, 2018).

Em 2002, o *Senate Bill* 1078 estabeleceu o RPS californiano. A legislação exige que as concessionárias atendam 20% do seu mercado a partir de fontes renováveis, aumentando esta participação em pelo menos 1 ponto percentual a cada ano. Em 2006, o RPS foi alterado, e foi estabelecido o prazo para alcance da meta de 20% até 2010. Em 2011, foi estabelecida a meta de 33% até 2020, e em 2015, a meta subiu para 50% até 2030 (CÂMARA et al., 2018).

O ITC e o MACRS são políticas de incentivo no âmbito fiscal. O ITC, estabelecido a nível federal em 2005 através do *Energy Policy Act*, permite que os investidores recebam um crédito fiscal de 30% do valor investido em equipamentos de geração de energia solar. Inicialmente, o incentivo teria prazo de expiração em 2007. Uma série de prorrogações o levou até 2016. Por fim, em 2015, optou-se pela implementação de um sistema de redução dos créditos a partir de 2020, com a estabilização em 10% a partir de 2022.

O MACRS, um mecanismo de depreciação acelerada dos equipamentos de energia, foi implementado em 1986, e não tem vencimento programado. O MACRS permite que os investidores depreciem integralmente o valor dos equipamentos nos seis primeiros anos de operação. Com isso, são contabilizadas perdas tributáveis nos primeiros cinco anos do projeto, que são deduzidas do lucro tributável, resultando em benefícios fiscais nesses primeiros anos. Em conjunto, o MACRS e o ITC podem representar mais de 50% dos custos de capital de um projeto (LOWDER et al., 2015).

O RPS, o ITC e o MACRS, apesar de funcionarem como incentivos fundamentais para a difusão da GD, não eram exclusivos a essa modalidade de geração. A promulgação do NEM em 1995 na Califórnia, por sua vez, é considerada um marco para difusão da GDFV (DEL CHIARO & GIBSON, 2006). Tal lei abriu a possibilidade para instalações de sistemas com capacidade de até 10 kW, os quais não deveriam representar mais que 0,1% da demanda de pico da concessionária⁸. Segundo Sawin (2013), o NEM criou um mercado potencial de 50 MW no momento de sua implementação.

Em 1998, a norma AB 1755 alterou o NEM. O programa foi estendido a pequenos consumidores comerciais e passou a ser aplicável a sistemas baseados em pequenas turbinas eólicas. Em 2001, AB1-29X aumentou o limite dos sistemas para 1 MW e habilitou grandes consumidores comerciais e consumidores industriais e agrícolas a participarem do programa.

⁸ A limitação do tamanho dos sistemas teve como base o foco no segmento residencial. Por sua vez, o estabelecimento de um limite à difusão visava mitigar a oposição das concessionárias ao programa (CÂMARA et al 2018)

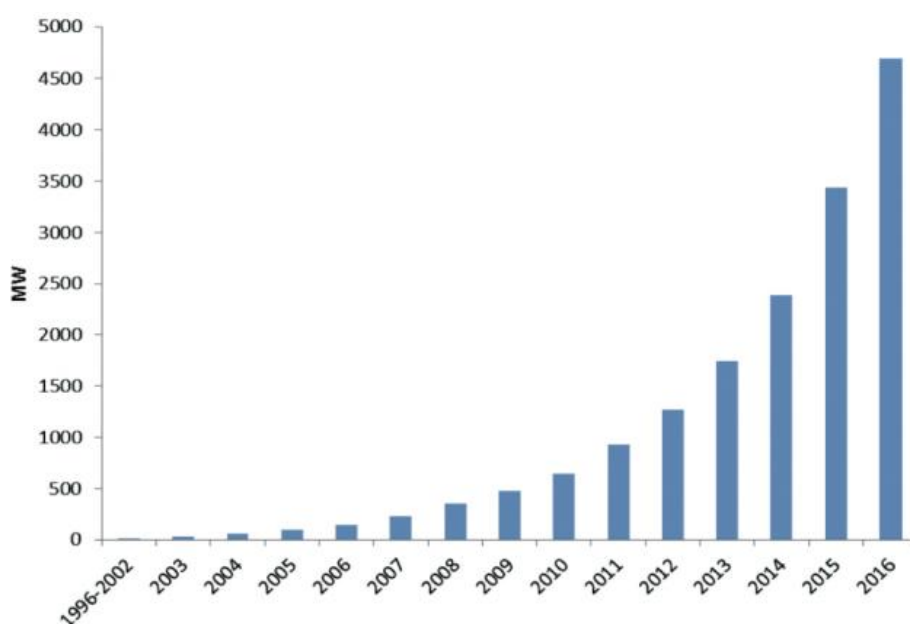
Uma nova revisão ocorreu em 2013, através do AB 327. Foi instituído que as três grandes *utilities* atuantes na Califórnia deveriam disponibilizar o NEM para novos consumidores até 1 de julho de 2017, ou até o momento em que o teto de capacidade seja atingido, sendo esse teto equivalente a 5% da demanda de ponta de cada concessionária (CÂMARA et al., 2018).

No âmbito do NEM, os consumidores, ao injetarem energia excedente (que geraram com os sistemas de GDFV e não consumiram instantaneamente) na rede, geram créditos valorados pelo preço da eletricidade no mercado varejista, que são utilizados para compensar mensalmente a conta de eletricidade. Ao final de 12 meses, os consumidores que tiverem excedente de geração podem receber um pagamento proporcional à quantidade de energia excedente. Esse pagamento é conhecido como compensação pelo excedente líquido (*net surplus compensation*) e é balizado pelo valor das tarifas especiais, que consistem em uma média móvel de 12 meses da tarifa de eletricidade praticada no mercado varejista (CÂMARA et al., 2018). Em 2005, o cenário econômico ficou ainda mais favorável com o *Energy Policy Act*, uma legislação federal que obrigava todas as *utilities* a oferecer o *net metering* (HARGADON, 2015). Assim, o NEM permite a monetização integral dos retornos que um sistema de GDFV oferece, tornando projetos de GDFV mais atraentes e eficientes economicamente (ZHANG, 2016).

III.6 - Evolução do mercado GDFV na Califórnia

A Califórnia é o estado que lidera o processo de difusão de energia solar nos EUA, como visto no início desta seção (FRANZ, 2016). No início de 2017, o estado contava com 13,3 GW de capacidade fotovoltaica instalada, dos quais 8,8 GW eram de maior porte (os chamados '*utility scale*'), e 4,5 GW eram sistemas de GD (EIA, 2017). Dentre estes, dois terços correspondiam a sistemas residenciais. Os 577.381 sistemas de GDFV residenciais no estado somavam cerca de 3 GW, ao final de 2016 (CEC, 2016). A figura 4 apresenta a evolução da capacidade instalada acumulada anualmente no estado sob o arcabouço do NEM.

Figura 4 - Capacidade instalada GDFV no NEM em 2016



Fonte: CÂMARA et al. (2018)

É importante destacar que, em termos de quantidade de projetos, os sistemas residenciais respondem por cerca de 97% do total de sistemas no âmbito do NEM⁹; já em termos da capacidade, a participação cai para aproximadamente 63% da capacidade fotovoltaica total instalada no estado (CÂMARA et al., 2018).

Nos EUA, entre 2012 e 2014, o mercado residencial apresentou crescimento expressivo, com uma expansão anual de mais de 50%. Esse crescimento refletiu em uma taxa de participação dos sistemas fotovoltaicos residenciais de aproximadamente um terço de toda a energia solar gerada no país em 2014. A Califórnia responde por aproximadamente metade de todos os sistemas fotovoltaicos residenciais instalados no país (NC Clean Energy, 2015).

O crescimento exponencial do mercado de GDFV na Califórnia durante as décadas de 2000 e 2010 foi acompanhado de uma expressiva redução de preços de equipamentos de energia solar, para além dos subsídios governamentais estudados. Segundo relatório da NREL, de 2010 a 2017, houve uma redução de 70% nos custos GDFV residencial nos EUA, reduzindo o LCOE não subsidiado para o patamar de US\$ 0,13 - US\$ 0,17 por kWh, ou US\$ 0,08 - US\$ 0,11 por kWh, considerando o ITC federal. Por outro lado, a atual tarifa média de eletricidade na Califórnia está entre as 7 mais caras do país, em US\$ 0,17 por kWh, acima da média nacional

⁹ De acordo com IEA (2015), no que diz respeito aos mecanismos de financiamento oferecidos no sentido de estimular o desenvolvimento do mercado fotovoltaico, cerca de 60% das plantas residenciais instaladas sob o programa *California Solar Initiative*, foram financiadas através de modelos de financiamento por terceiros.

em US\$ 0,11, de acordo com dados da *U.S. Energy Information Administration* (FU et al., 2017). A Califórnia é um dos 20 estados norte-americanos que já atingiu a paridade da rede em 2016 e lidera o grupo de estados em relação à atratividade econômica (MUNSELL, 2016).

Em suma, o processo de reformas do setor elétrico da Califórnia nos anos 1990 (com a liberalização do mercado e a permissão da venda de eletricidade direta; além do NEM, que permite a remuneração da geração própria) representou uma ruptura com o modelo estabelecido até então, que teve como consequência altos preços médios de eletricidade para o consumidor final; e possibilitou a emergência de um novo mercado, o da GDFV e o nascimento de empresas como a SolarCity nos anos seguintes.

Em 2018, a Califórnia se tornou o primeiro estado dos EUA a tornar obrigatória a instalação de GDFV nas novas casas construídas no estado. Em 2019, no entanto, a *California Energy Commission* abriu exceções a essa nova regra, e permitiu que o consumo venha de energia solar gerada nas chamadas 'fazendas solares' (ROTH, 2019).

III.7 Evolução dos modelos de negócio predominantes no mercado

Durante os primeiros anos de desenvolvimento do mercado de GDFV, o modelo de negócio mais comum foi o da venda direta do sistema solar para o cliente, que vira proprietário do sistema e se aproveita da eletricidade gerada e dos benefícios fiscais - o modelo de propriedade do cliente. Apesar da atenção considerável da mídia e do incentivo de programas governamentais, os consumidores residenciais se mostraram, entretanto, relutantes a adotar energia solar nos anos iniciais (HARGADON, 2015). O modelo atraía apenas clientes que dispunham dos recursos para o investimento inicial e buscavam retornos financeiros de longo prazo, e/ou simpatizantes da questão ambiental.

Um sistema solar para um cliente residencial típico custava aproximadamente US\$ 20.000. Outras barreiras envolviam incertezas do cliente em relação a instalar uma nova tecnologia no seu telhado, grau de previsão dos resultados econômicos, possibilidade de avanços de tecnologias que fariam seu sistema ficar obsoleto, gestão das limitações de fluxo de caixa pessoal (HARGADON, 2015). Este trabalho propõe que além das barreiras financeiras e tecnológicas, existiram (e continuam a existir) barreiras de natureza comportamental.

Em 2003, Jigar Shah fundou a empresa SunEdison e iniciou um modelo de

financiamento inovador, chamado de *solar power purchase agreement* (PPA solar). O modelo oferecia contratos de longo prazo para o cliente, em que a SunEdison era responsável pela instalação e manutenção do sistema no telhado do cliente, e este comprava a energia gerada durante o prazo do contrato (HOWE e GERRARD, 2010). Após essa inovação, o mercado de GDFV floresceu nos EUA. A capacidade instalada foi de 900 MW em 2010 para mais de 12.000 MW em 2013, distribuídos em mais de 440 mil clientes (MUNSELL, 2014). Nesse período, o uso do modelo de negócios de TPO introduzido pela SunEdison evoluiu de 10% a 20% do mercado norte-americano em 2009 para a faixa de 75% a 90% em 2014 (HARGADON, 2015). Conforme será discutido no capítulo 4, o modelo de negócios da SolarCity usou o modelo da SunEdison como base.

CAPÍTULO IV: O CASO DA SOLARCITY

IV.1 - Visão geral da empresa

A SolarCity foi fundada pelos irmãos Peter e Lyndon Rive no dia 04 julho de 2006, dia da Independência nos EUA, para simbolizar o compromisso com a independência dos combustíveis fósseis (RIVE, 2015). Com sede em San Mateo, Califórnia, a empresa passou a atender ao longo dos anos clientes em 19 estados, incluindo residências, escolas, universidades (como a Universidade de Stanford), agências governamentais e clientes comerciais (como o Walmart).

A Solar City define a sua missão como ajudar seus clientes a diminuir as contas de energia, e nesse sentido criou um conjunto de soluções integradas, incluindo serviços de energia solar e soluções de eficiência energética (UMIHANIC, 2014). Um dos seus objetivos declarados é o de simplificar dramaticamente o processo de compra de sistemas de energia solar em pequena escala (um processo complicado de autorizações, financiamento e instalação).

Como estratégia de crescimento, a SolarCity adquiriu pequenas firmas locais de instalação que compunham o mercado nacional à época, e já em 2007, a empresa detinha a liderança em energia solar residencial na Califórnia (HARGADON, 2015). Parceiros financeiros da SolarCity incluem instituições como Morgan Stanley e Bank of America. Em 2011, a SolarCity e o Google criaram um fundo no valor de US\$ 280 milhões para financiar instalações solares residenciais nos EUA. A estratégia de crescimento incluiu um processo de integração vertical ao longo da cadeia de suprimentos, do design à fabricação, às vendas e às instalações (PLUMER, 2014). A aquisição da Silevo, uma empresa de tecnologia e fabricação de painéis solares, cujos módulos são caracterizados por uma combinação única de alta produção de energia e baixo custo, permitirá que a SolarCity inicie seu projeto de construção de uma enorme fábrica de produção de painéis solares com capacidade de destino superior a 1 GW (UMIHANIC, 2014).

De 2007 a 2016, quando foi vendida para a Tesla, a SolarCity manteve a liderança de mercado de GDFV nos EUA. Em 2016, detinha 35% de *market share*, enquanto a vice-líder detinha apenas 9% (WANG, 2017). No dia 12 de dezembro de 2012, a empresa realizou a oferta pública de suas ações na bolsa de valores NASDAQ, vendendo 11,5 milhões de ações ao preço

unitário de US\$ 8, totalizando um valor de mercado de US\$ 92 milhões. Em novembro de 2016, quando foi vendida para a Tesla, por US\$ 2,6 bilhões, a ação estava cotada em US\$ 20,34, significando um valor total de mercado de pouco mais de US\$ 2 bilhões.

Em 2016, a empresa detinha US\$ 5,2 bilhões em ativos fotovoltaicos, mais de 300 mil sistemas de GDFV em 26 estados, além do Canadá e Porto Rico. A maioria dos ativos está sob *leasing* e PPAs e a previsão é de uma geração de mais de US\$ 8 bilhões em pagamentos de clientes nos próximos 20 anos e US\$ 4,8 bilhões adicionais com renovações de clientes após o vigésimo ano de contrato (TESLA, 2016).

IV.2 Modelo de negócio

As perguntas de pesquisa deste trabalho se relacionam ao impacto do modelo de negócios da SolarCity na neutralização de barreiras comportamentais para a adoção da energia solar residencial. Esta seção descreve o modelo de negócio. Na seção IV.3, com base no modelo descrito, as perguntas de pesquisa serão endereçadas.

O modelo de negócios da empresa baseou-se no modelo da SunEdison: cobrar pela energia gerada pelos painéis solares, em vez de vendê-los à vista. A combinação desse novo modelo de negócio com intervenções de influência social e inovações financeiras, a serem descritas adiante neste trabalho, levou a resultados que não só deram à empresa a liderança no mercado, mas ocasionaram um crescimento significativo de novas instalações no setor residencial após 2007 (UMIHANIC, 2014). Isto é, a energia solar tornou-se mais acessível para centenas de milhares de famílias e comércios graças, em parte, ao sucesso do modelo de negócios da SolarCity.

O modelo de negócio de TPO passou a ser implementado pela empresa em 2008 e apresentava duas opções de compra, *solar lease* ou o PPA (*Power Purchase Agreements*). Sob o modelo TPO, a adoção de sistemas fotovoltaicos cresceu radicalmente, conforme discutido no terceiro capítulo deste trabalho. Como afirmou o gerente do programa *California Solar Initiative*, John Supp:

“A SolarCity consegue muito mais negócios do que as demais companhias, com o seu sistema de leasing. A SolarCity criou, por si só, um novo patamar de expertise em termos de conseguir com que as pessoas adotassem energia solar. De alguma forma, eles se especializaram na arte da distribuição de energia solar” (HARGADON, 2015, p. 171)

Com o slogan “*Pay for power, not panels – just like your utility bill.*” (“pague pela energia, não pelos painéis - assim como sua conta de luz”), a empresa desafiou o modelo de negócio vigente no setor de GDFV. Em entrevista em 2015, o CEO da SolarCity afirmou:

“A indústria solar sempre girou em torno da venda de equipamentos (...). Tínhamos que criar um modelo que fosse extremamente fácil para um cliente adotar energia solar e que tivesse a mesma configuração hoje existente (pessoas não pagam pela construção da usina de geração de eletricidade, apenas pagam de acordo com o que consomem). Instalamos o sistema de graça: o cliente não paga pelo equipamento nem pela instalação, nem pela manutenção. Paga apenas pela energia. Enquanto o sistema gera energia, eles pagam por isso. E cobramos mais barato por esta energia do que eles previamente pagavam para a concessionária. Então, se é dada a escolha de pagar mais pela energia poluente da rede, ou menos pela energia limpa, a decisão fica mais fácil para os clientes adotarem energia solar e o crescimento respondeu bem: 100% ao ano entre 2010-2017. Em 14 estados, cerca de 4.000 funcionários (contratando 5 a 10 pessoas por dia)” (RIVE, 2015)

Os canais de venda da SolarCity incluem vendas externas diretas, *call center*, uma rede de parceiros de canais e um programa de indicações. O *call center*, somado a um processo de avaliação por meio de satélite *online* e um atendimento por telefone/*e-mail*, corroboram com a missão da empresa de facilitar a disponibilidade de serviços de energia solar, pois permite fechar vendas sem a realização de visitas à casa do cliente. O segundo canal de vendas, rede de parceiros, inclui construtoras, que recomendam as soluções SolarCity como parte integrada à construção de novas casas. O terceiro canal, programa de indicações, se constituiu em um dos mais importantes. Os clientes existentes recebem comissões financeiras por cada novo cliente que indicam e são incentivados a organizar `festas solares` com seus amigos e vizinhos, onde o representante da SolarCity faz uma apresentação informal (UMIHANIC, 2014).

A SolarCity tem como alvo principal três segmentos de clientes: residencial, comercial e setor público. Embora estejam incluídas nos setores comercial e público grandes empresas como Wal-Mart, eBay e Intel, bem como entidades governamentais, como bases militares e educação pública, o setor residencial ainda é a fonte mais importante de receita e crescimento da empresa e representa mais de 50% de seus negócios (UMIHANIC, 2014). O modelo de negócios baseado em pagamentos mensais oferece à SolarCity a oportunidade de construir relacionamentos de longo prazo com seus clientes, uma vez que o contrato é, geralmente, assinado por 20 anos. Dessa forma, a SolarCity aumenta continuamente sua base de clientes e garante uma receita estável e recorrente no longo prazo (recebimentos dos contratos de PPA e *leasing*). Esse fluxo de receita permite que a empresa planeje estrategicamente seus custos e investimentos adicionais.

Nos primeiros anos da empresa, os executivos enfrentaram desafios para obter economias de escala e convencer os investidores iniciais que a empresa conseguiria implantar

o capital investido e que tinha capacidade operacional para escalar as atividades. Segundo Rive (2015), a solução surgiu a partir de ideias trazidas pelos próprios clientes:

Eles disseram: 'se eu trazer um amigo, podemos os dois obter descontos?' Então pensamos: se existem dois de vocês, talvez existam cem. Logo, ao invés de chamar apenas seu vizinho, chame todo o bairro. Lançamos então o que chamamos de *Community Programs*. (...) Isso deu a escala necessária para convencer investidores que poderíamos implementar o capital" (RIVE, 2015)

IV.2.1 Modelo de influência social: *Community Programs* e *Solar Parties*

O programa “*Community Solar*” da SolarCity foi iniciado com intenções de se alcançar vendas coletivas e economias de escala. Para os potenciais investidores, a iniciativa mostrava que existia potencial para economias significativas de escala. Para os consumidores, as vendas coletivas possibilitavam o benefício de descontos e, portanto, geravam uma maior propensão a comprar energia solar, como registra Rive:

A única maneira de resolver o problema da acessibilidade não é implantar milhares, nem dezenas de milhares; no fim das contas, milhões de sistemas farão alguma diferença (...) Um dos grandes fatores de custo era eficiência, ou seja, ao invés de entrar em uma área e instalar uma casa e depois mandar alguém novamente três semanas depois para a mesma área para instalar uma nova casa, é mais eficiente instalar as duas casas na mesma semana. Então lançamos o que chamamos de nosso 'Programa Comunitário' (RIVE, 2015)

A iniciativa envolvia a existência de um anfitrião de certo grupo de pessoas (bairro, condomínio etc.), que era o responsável por agregar mais compradores em sua localidade. O anfitrião promovia “festas solares” em sua casa (“*Solar Home Parties*”): convidavam seus vizinhos e mostravam os resultados do sistema solar em suas residências (economia de energia e dinheiro). Assim, os benefícios se tornavam tangíveis e os vizinhos percebiam valor na aquisição do sistema. Ou seja, os clientes existentes realizavam vendas para a empresa, atuando como representantes da empresa, chamados de 'embaixadores':

"As indicações são dos vizinhos, e [no modelo de] indicação dupla, se você é um cliente e indica um vizinho, ele ganha um desconto e você ganha um incentivo. Se fosse só incentivo para o vendedor, estaria vendendo seu vizinho. A diferença é que você está fazendo uma parceria com o vizinho. Eles podem virar embaixadores e realizar o mesmo procedimento. Isso funcionou bem. Uma pequena mudança que fez toda diferença (...) Às vezes, a casa não se qualifica para instalar (orientação, sombreamento, tipo de telhado), mas a pessoa acredita na causa e pode virar embaixador” (RIVE, 2015)

IV.2.2 Modelo TPO e mecanismos de financiamento

Sob o modelo de TPO (também conhecido como modelo de financiamento por terceiros ou “Modelo SolarCity”), o dono do sistema é a terceira parte financiadora (SolarCity no caso), e é responsável por atrair os clientes, realizar as instalações, engenharia, manutenção e serviços de financiamento para o sistema FV no local de propriedade do cliente. O dono do sistema faz um *solar lease* ou um PPA com o cliente por períodos de 10 a 25 anos. Sob o acordo de *solar lease*, o cliente realiza pagamentos mensais de aluguel (\$/mês), independentemente do montante real gerado de energia pelo sistema. Sob o *solar PPA*, o cliente paga a conta elétrica com base na geração por kWh (\$/kWh). Assim, o valor pago varia mensalmente com a geração. Qualquer que seja o tipo de contrato, o cliente realiza apenas pagamentos mensais (DAVIDSON et al., 2015).

A difusão do modelo de negócio depende da evolução simultânea de mecanismos de financiamento adequados, dada sua característica capital intensiva. A SolarCity ficou conhecida por promover uma inovação financeira nesse sentido ao lançar no mercado em 2014 os chamados '*solar bonds*'. Esses títulos de renda fixa remuneravam os investidores com base nos pagamentos de PPA e *leasing*, vendendo online para investidores comuns e oferecendo taxas de renda fixa de 2% a 5% ao ano, com investimentos a partir de US\$ 1.000. Essa iniciativa representou uma inovação financeira da empresa, através da securitização de recebíveis relacionados a contratos de energia solar para pequenos consumidores, no modelo de *asset based securities*. Esse lançamento canalizou US\$ 54,5 milhões de recursos privados na época, a um custo de 4,8% para a SolarCity, abaixo das expectativas dos analistas (expectativa de 6,5%). E esse também é um método mais barato de financiamento se comparado à emissões de ações, pelas quais a empresa geralmente paga 15%. Essa securitização obteve um triplo B+ da S&P. Essa foi a primeira avaliação das agências de classificação de crédito de uma securitização baseada em energia solar (informação verbal)¹⁰.

Sob o modelo de negócio de TPO, os créditos fiscais são transferidos para a empresa responsável pelo projeto. A SolarCity (e as demais empresas do setor) têm usado o ITC e o MACRS, descritos no capítulo 3, para estruturar o financiamento de projetos de sistemas solares, através de modelos de financiamento com participação nos impostos (*Tax Equity Financing* - TEC). O TEC exerceu um importante papel na difusão da indústria GDFV nos

¹⁰ Apresentação de alunos do mestrado (MSc) em Sustentabilidade e Inovação Social da HEC Paris, como parte do curso “*Innovative Business Model*”. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=G8FaPuticKE>, em 09 abr. 2015

EUA na última década. Como a maioria das empresas de energia solar não tem elegibilidade tributária para utilizar os benefícios fiscais, elas incorporam recursos de terceiros, que recebem esses benefícios. O TEC envolve a divisão dos benefícios de impostos entre a empresa desenvolvedora do projeto (SolarCity, por exemplo) e as instituições financeiras que financiam os investimentos necessários. Conforme assinalado por Zhang (2016), o novo modelo de negócios (TPO) dependia de uma estrutura de financiamento robusta e a atuação da SolarCity nesse sentido contribuiu para o sucesso da implementação do modelo.

O sistema de TEC atraiu grandes investidores externos (credores de *project finance* e *tax equity investors*); se não fosse por essa configuração eles não veriam atratividade de investimento nesses projetos de pequeno porte em pequena escala (ZHANG, 2016). Os parceiros da SolarCity incluem instituições financeiras e grandes corporações, incluindo *Bank of America*, *National Bank of Arizona*, *Morgan Stanley*, *Merrill Lynch* e *Google*. A parceria com a gigante de tecnologia Google resultou na criação de um fundo de US\$ 280 milhões em junho de 2011 para financiar instalações solares para residências nos EUA (HARGREAVES, 2011).

O financiamento com posse de terceiros é comumente conhecido no mercado como “Financiamento SolarCity”, em alusão à empresa pioneira no modelo. Neste esquema, a SolarCity projeta, financia e instala os sistemas de GDFV. Os fundos de financiamento de projetos foram criados pela SolarCity e seus parceiros para financiar seus modelos de negócios de *leasing* e PPA.

O modelo geral de financiamento da SolarCity pode ser subdividido em três mecanismos de financiamento: modelo de *joint venture*, modelo de sublocação (*sublease*) e modelo de *sale-leaseback*. Sob o modelo de *joint venture*, a empresa desenvolve e instala o projeto e o vende para a *joint venture* de propriedade conjunta da empresa desenvolvedora e do parceiro financiador. A *joint venture* assina contrato de PPA ou contrato de locação com o cliente. Assim, a empresa desenvolvedora compartilha os custos iniciais, o subsídio do governo (*tax credits*) e as receitas dos pagamentos mensais com o fundo (parceiro financiador). Já no modelo de sublocação, a empresa desenvolve o projeto, e o arrenda para o fundo financeiro (parceiro financiador), que o subloca para o cliente e transfere o aluguel para o desenvolvedor. Isso significa que a empresa assume os custos iniciais sozinha, e recebe apenas as receitas de energia, enquanto o fundo financeiro obtém os benefícios do ITC e do MACRS. Sob o modelo de *sale-leaseback*, a empresa desenvolvedora vende o projeto que constrói para o fundo financeiro e então o aluga de volta. Assim, a empresa pode recuperar seu investimento

rapidamente e obter a receita de energia sozinha, mas não poderia se beneficiar dos subsídios governamentais. É possível incluir os subsídios nos termos do contrato de *sale-leaseback* (ZHANG, 2016).

IV.3 Barreiras comportamentais e ações da SolarCity de neutralização

Diversos conceitos, centrais em Economia Comportamental (EC), se mostram relevantes na avaliação das razões para o sucesso do modelo de negócios da SolarCity. Em primeiro lugar, cabe ressaltar um dos objetivos declarados da SolarCity: simplificar dramaticamente o processo de compra de sistemas de energia solar de pequena escala, um processo complicado de autorizações, financiamento e instalação. Em um contexto de racionalidade limitada, fixar esse objetivo parece particularmente inteligente. Uma das mensagens chaves da EC e do processo de *nudging* é justamente a de tornar as coisas simples para os consumidores: “*If you want people to do something, make it easy.*” (THALER, 2019).

A observação do modelo dual de pensamento apresentado no capítulo 1 deste trabalho reforça a relevância da mensagem de Thaler. Um contraste importante entre as duas maneiras de pensar, Sistema 1 e Sistema 2, é o grau de esforço mental que cada sistema dispense (zero no caso do Sistema 1 e diferente de zero no caso do Sistema 2). Essa distinção é importante porque a capacidade de esforço mental por parte do Sistema 2 é limitada. Logo, uma norma básica de atuação do Sistema 2 é ‘economizar energia’, de maneira a não ultrapassar o ‘orçamento’ existente de atenção (KAHNEMAN, 2011). Nesse contexto, o objetivo declarado da SolarCity de ‘simplificar dramaticamente’ o processo decisório dos consumidores adquire especial relevância.

A teoria microeconômica neoclássica assume que somos naturalmente racionais: buscamos soluções ótimas (maximizar utilidade) e nesse processo, emoções, aversão a perdas, influências sociais e restrições cognitivas são irrelevantes. A EC rejeita essa suposição e propõe, com significativo suporte empírico, que perdas, emoções, influência de grupos e a busca da satisfação imediata (o viés do presente) são variáveis de forte impacto em julgamento e tomada de decisão. Nas seções seguintes a conexão de cada uma dessas variáveis com o modelo de negócios da SolarCity será explorada. A sugestão central deste trabalho é a de que as decisões de gestão tomadas na SolarCity são consistentes com as propostas que a EC apresenta para a remoção de barreiras comportamentais e o alcance de decisões de maior qualidade.

IV.3.1 - *Community programs* e *solar parties* como influências sociais

A EC se alinha à proposta de que os indivíduos são criaturas sociais e reagem ao ambiente social no qual se inserem. Como afirmam Thaler e Sunstein (2008), “Humanos são frequentemente *nudged* por outros humanos. Algumas vezes mudanças sociais em larga escala começam com um pequeno *nudge* social” (p. 53). Bob Nease, cientista chefe da Express Scripts, uma empresa de assistência de saúde nos EUA corrobora essa visão no mundo corporativo. O autor afirma que existem três questões centrais na compreensão de como tomamos decisões: grupos, satisfação imediata e aversão a perdas (NEASE, 2016).

A SolarCity explorou de forma significativa o uso de influências sociais em ações de *nudging* para neutralizar barreiras comportamentais à adoção de sistemas de GDFV. A adoção dos *Community programs* e *solar parties* fizeram os vizinhos aderir em massa ao projeto e foram fatores fundamentais para a expansão da empresa, conforme relata o CEO e cofundador da SolarCity, Lyndon Rive:

Se você ofertar energia solar para uma comunidade de uma só vez, poderá oferecer um grande desconto, pois a eficiência da empresa aumenta. Isso realmente funcionou bem. Lançamos um primeiro programa comunitário em Portola Valley, e o segundo em Stanford. Lançamos cerca de 22 programas comunitários na Califórnia e no Arizona" (RIVE, 2015)

Evidências dessa adesão em massa são apresentadas tanto pela liderança da empresa quanto por analistas da indústria. A importância do percentual de novos clientes vindos de indicações dos clientes já existentes demonstra essa influência. Conforme afirmou Rive (2015), a maior fonte de novos clientes são os clientes existentes (cerca de 1/3 das novas vendas vieram de recomendações de clientes).

Em um contexto geográfico mais amplo, Bollinger e Gillingham (2012) na Califórnia e Graziano e Gillingham (2015) em Connecticut fornecem evidências de influências sociais na expansão de GDFV. Esses autores investigaram a difusão da energia solar residencial na Califórnia e verificaram que quanto maior o grau de concentração de instalações FV em determinada região, maior a probabilidade de que novas instalações irão ocorrer. O efeito dos pares, conforme esses dois estudos, se dá tanto de forma passiva (através de novas instalações) quando de forma ativa (festas solares, por exemplo). Esses resultados, além de corroborar as previsões da EC quanto a estratégias para neutralizar barreiras comportamentais ao uso de energia solar, fornecem diretrizes valiosas para estratégias de marketing de empresas do setor

para aumentar suas vendas e reduzir os custos de aquisição de clientes. Os autores citam a estratégia empregada pela SolarCity de selecionar embaixadores solares em um bairro e oferecer a todo o bairro descontos coletivos. Algumas empresas geralmente aumentam a visibilidade de novas instalações, ao colocar uma placa informativa que indica que há energia instalada naquele local. Os administradores do CSI da PG&E estabeleceram até sessões de treinamento “*Neighborhood Solar Champion*” para “cidadãos interessados em ajudar a divulgar a energia solar em seus bairros” (BOLLINGER e GILLINGHAM, 2012).

Bollinger e Gillingham (2017) realizaram um estudo de campo para investigar uma intervenção comportamental (*nudge*) de grande escala nos EUA, desenhada para ativamente alavancar o aprendizado social e interações entre pares para encorajar a adoção de sistemas de GDFV residenciais. Nesses programas, chamado *Solarize*, a divulgação é realizada por “embaixadores solares”, que incentivam seus vizinhos a adotar GDFV. Nas pesquisas com participantes do programa, os autores verificaram que medidas relativas à influência social, como "conversar com amigos e vizinhos" ou "interações com o embaixador social", eram classificadas como fatores extremamente importantes na decisão de instalar GDFV. Essa abordagem baseada em interação social tem, segundo os autores, paralelo em esforços anteriores de usar embaixadores em intervenções comportamentais como "pontos de injeção" no contexto social local, para promover ações benéficas, como a adoção da tecnologia agrícola (VASILAKI e LEONARD, 2011) e comportamentos que incentivam melhoria da saúde pública em países em desenvolvimento (KREMER, et al., 2011; ASHRAF et al., 2015). Os autores concluem que o programa, baseado em descobertas teóricas e empíricas de economia comportamental, têm resultados significativos de eficiência de custos para adoção de GDFV, e poderia ser aplicado a outras tecnologias, principalmente pela importância do aprendizado social.

Também com base na experiência do programa *Solarize*, em 58 cidades de Connecticut, Bollinger et al (2017) chegaram a conclusões similares às do estudo de Bollinger e Gillingham (2012): os líderes comunitários que haviam instalado solar pelo programa recrutaram 62,8% a mais vizinhos para o programa do que aqueles que não haviam instalado. Os autores usam teoria evolucionária cultural dos *credibility-enhancing displays* para explicar o resultado. Essa teoria propõe que crenças são difundidas mais efetivamente por ações do que pelo discurso, porque fornecem melhores informações sobre as crenças reais do agente.

O Google, por meio de um novo projeto chamado *Google Project Sunroof*, pretende se utilizar dessas descobertas para promover a difusão de painéis fotovoltaicos. Pela ferramenta

de satélites da empresa, os indivíduos podem ver os vizinhos ao seu redor que adotaram sistemas fotovoltaicos e podem receber análises personalizadas de projetos fotovoltaicos para suas casas, bem como soluções financeiras adequadas.

Cabe ainda o registro do estudo de Rai e McAndrews (2012) no Texas. Os autores estudaram o processo de tomada de decisão e as mudanças comportamentais de adotantes de sistema FV no segmento residencial quem adotou sistemas FV. A partir de dados coletados em 2011 através de uma *survey* com 365 respondentes, os autores buscaram respostas a um conjunto de questões incluindo: principais motivações para a adoção de tecnologias de FV, correlação de variáveis sociodemográficas com a decisão de adoção, e métricas financeiras que os adotantes usavam para avaliar os méritos financeiros da decisão. As respostas: os fatores mais importantes na decisão eram "avaliação de que era um bom investimento financeiro", "interesse geral em energia" e "reduzir impacto sobre meio-ambiente por usar fonte renovável de energia"; o adotante médio apresentou um maior grau de educação e renda do que o habitante médio do Texas e, finalmente, o *payback* foi identificado como principal métrica financeira para avaliar o projeto. Poucos entrevistados reportaram o uso do VPL como métrica de decisão, embora esta seja a mais recomendada para a tomada de decisão racional (no sentido microeconômico neoclássico).

Em relação à pergunta sobre motivações para a adoção de FV é interessante registrar que a influência dos vizinhos e/ou conhecidos na decisão não foi considerado um fator relevante na decisão por grande parte dos respondentes. Houve, entretanto, um padrão nas respostas: o impacto limitado de influências sociais foi declarado pelos que decidiram adotar energia solar no período de 2003 a 2009, os inovadores. O quadro se mostrou diferente quando foram analisadas as respostas de quem tomou a decisão de adoção em 2011. Neste grupo, mais de 50% dos respondentes indicaram “moderada influência” de proprietários de sistemas FV. Essa diferença de padrão de respostas é “uma evidência direta da influência dos pares” (RAI e McANDREWS, 2012, p. 2).

É oportuno ressaltar que pelo modelo racional, influências de caráter social não deveriam ter um impacto relevante nas decisões de adoção de FV. As residências adotariam (ou não) sistemas solares baseado em uma análise puramente econômico-financeira, sem qualquer consideração pelo que os vizinhos estão fazendo. As políticas e resultados da SolarCity sugerem o contrário, embora, por se constituírem evidências obtidas através de um estudo de caso não demonstrem de forma inequívoca a validade de da hipótese que este trabalho defende, isto é,

da influência dos conceitos de EC no sucesso do modelo de negócios da empresa e na difusão do mercado de GDFV.

IV.3.2 – Escolhas intertemporais, aversão a perdas e o viés do presente

A decisão de adotar GDFV através da opção de investir na aquisição das placas solares é uma decisão intertemporal. O ato de investir significa gastar agora para usufruir de benefícios que virão, de forma paulatina, no futuro. Conforme discutido no capítulo I, em escolhas intertemporais, os fenômenos de aversão a perdas, viés do presente e desconto hiperbólico tendem a se manifestar de forma sistemática e a tendência é de inércia e procrastinação. Em relação ao viés do presente, Prelec e Loewenstein (1998) cunharam a expressão “dor do pagamento” para se referir a dor mental associada à desembolsos imediatos. Como afirmam Ariely e Kreisler (2019), trazendo resultados de pesquisas em Neurociência para o contexto de escolhas intertemporais:

O termo “dor de pagamento” baseou-se na sensação de desprazer e sofrimento causada pelo gasto; estudos mais recentes usando imagens cerebrais por ressonância magnética têm mostrado que, de fato, pagar estimula as mesmas regiões do cérebro envolvidas no processamento da dor física. Preços altos estimulam esses mecanismos cerebrais com maior intensidade, mas não só os preços altos que causam dor. Qualquer preço nos causa sofrimento. Existe uma dor que todos sentimos quando nos privamos de algo (p. 76)

Nesse contexto, a estratégia, pioneira, da SolarCity de adotar as soluções de *lease* e PPA, cobrando pagamentos mensais dos clientes (que geralmente são inferiores aos previamente direcionados à concessionária) apresenta uma resposta eficaz para o viés do presente: não existem gastos, só benefícios. Os benefícios financeiros são trazidos para o momento presente, sem custos. Essas soluções, aliadas a simplificação dos procedimentos para a adoção de GDFV, neutralizam o viés do presente, a aversão a perdas e a dor do pagamento, além de reduzir a montantes mínimos o trabalho mental de se engajar no projeto, um fato positivo dado que o Sistema 2 “é preguiçoso” (KAHNEMAN, 2011, p. 39). Assim, as barreiras de inércia e procrastinação são eliminadas. A percepção do cliente é positivamente afetada, levando a maior demanda pelo serviço.

Rai e Sigrin (2013) estudaram o processo microeconômico por trás da decisão de consumidores individuais adotarem GDFV, particularmente na escolha entre comprar à vista e fazer o *leasing*. Os autores fizeram uma *survey*, com 200 respondentes, no estado do Texas. Ao calcular taxas de desconto implícitas em nível individual em diversos cenários os autores

verificaram que os compradores têm taxas mais baixas que os arrendatários. Os autores não encontraram, entretanto, variações significativas entre compradores e arrendatários em qualquer dimensão sociodemográfica, como renda e idade. Este um resultado que sugere que a decisão sobre qual modelo adotar (comprar à vista ou fazer um *leasing*) vai além de disponibilidade ou não de recursos financeiros para o investimento inicial. Esse resultado é consistente com a hipótese de que os fenômenos propostos pela EC (viés do presente, influências sociais, inércia, etc.) exercem, de fato, influência significativa na escolha de adoção de GDFV através do modelo de *leasing* ao invés do modelo de compra à vista. Esse mesmo resultado mostra, segundo os autores, que o modelo de *leasing* está possibilitando a adoção de PV para um novo segmento de consumidores - aqueles com uma situação de fluxo de caixa apertado.

O estudo de Drury et al. (2012) encontrou resultados parcialmente similares. Os autores partiram da constatação de que o modelo TPO estava ganhando *market share* de forma rápida na indústria de energia e investigaram se esse crescimento se dava as custas do modelo de compra de FV ou se representava a entrada de novos clientes. Os autores concluíram pela prevalência da segunda opção e mostraram ainda que a inserção no mercado do modelo TPO representou uma nova demografia na adoção de energia solar: um mercado mais jovem, composto de indivíduos menos afluentes e com menor nível educacional do que o mercado associado à adoção de energia solar através da compra de equipamento. Os autores usaram uma base de dados (*California Solar Initiative*) que se aplica às regiões de Los Angeles e *Orange Counties* e aplicaram modelos de regressão multivariada como ferramenta de análise. O estudo de Drury e seus associados sugere, como era de se esperar, que à parte de barreiras comportamentais, existem razões racionais para a existência de barreiras à expansão do mercado de energia solar: os altos custos de investimento. Nesse sentido, o modelo TPO assume um papel importante na expansão da indústria GDFV.

IV.4 Resultados da inovação no modelo de negócio

A SolarCity iniciou efetivamente a implementação de seu modelo de negócios inovador durante o ano 2007 (UMIHANIC, 2014). Considerando que os resultados não são imediatamente visíveis e que a empresa abriu capital apenas em 2012, tendo publicado os primeiros relatórios em 2009, mas números completos a partir de 2011, a Tabela 1 reúne alguns dos principais indicadores de sucesso da empresa, no período de 2011 a 2016.

Tabela 1 – Números da SolarCity 2011-2016

Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Receita (US\$ milhões)	59,5	128,6	163,8	255	399,6	730,3
Market share (solar residencial nos EUA)	14%	17%	27%	36%	36%	35%
Número de clientes (milhares)	19	48	93	190	262	305

Fonte: Elaborado pelo autor, com dados de Krulewitz (2012, 2013); Umihanic (2014); Plumer (2014); Shukla (2014); SEC (2014); Feldman et al. (2016); Ivory e Cardwell (2017) e Wang (2017).

No período analisado, a SolarCity apresentou uma média anual de crescimento de 67% das receitas. Umihanic (2014) analisa o crescimento contínuo da empresa, desde o momento em que foi fundada. A empresa registrou aumento de 100% na receita no primeiro trimestre de 2014 em comparação com o mesmo período do ano passado (MEZA, 2014).

A participação de mercado (*market share*) pode ser considerada o melhor indicador do poder relativo da empresa no mercado, pois destaca sua posição em relação aos concorrentes (UMIHANIC, 2014). Tendo em vista o foco deste trabalho, são apresentados números relativos ao mercado de energia solar residencial nos EUA. No este mercado de energia solar residencial nos EUA, o principal da SolarCity, a empresa teve alto crescimento de *market share*: de 14% em para 35% em 2016).

Em relação à rede de clientes, a confiança e a preferências dos clientes pelos seus produtos em comparação com os concorrentes é outro forte indicador de vantagem competitiva da SolarCity. Em 2013, a empresa possuía um banco de dados de cerca de 100 mil clientes, incluindo residências e empresas. Em comparação aos números de 2012, quando a empresa divulgou ter assinado mais de 50 mil contratos, pode-se dizer que a base de clientes estava dobrando a cada ano (UMIHANIC, 2014). A média anual de crescimento da base de clientes no período analisado foi de 81%. Apenas no primeiro trimestre de 2014, foram registrados 17.664 novos clientes, enquanto seu concorrente mais próximo, a SunPower, que lançou seu programa de *leasing* solar em 2011, tinha um banco de dados acumulado de 20.500 (MEZA, 2014). Além de aumentar continuamente, essa ampla base de clientes serve como uma das principais forças de vendas da empresa. A indicação de vendas, resultante do boca-a-boca positivo dos clientes existentes da empresa, representou 23% dos novos contratos em 2012 e 27% em 2013 (UMIHANIC, 2014), uma indicação da força da marca da SolarCity e da

relevância da influência social na evolução de seu modelo. Em 2015, essa representação chegou a um terço do total de vendas (RIVE, 2015).

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a evolução da GDFV nos EUA e discutiu o modelo de negócios da SolarCity, empresa líder do mercado durante a década de 2010. O objetivo foi identificar possíveis barreiras comportamentais na adoção de GDFV e avaliar a eficácia do modelo de negócio implementado pela empresa na neutralização dessas barreiras.

A literatura de economia comportamental, utilizada como referencial teórico para o estudo de caso, sugere que, em contextos decisórios como o da adoção de GDFV, barreiras comportamentais tendem a se manifestar de forma sistemática e previsível na tomada de decisão dos agentes econômicos. Kahneman (2011, p. 16) afirma: “O trabalho mental que gera impressões, intuições e diversas decisões ocorre silenciosamente em nossa cabeça”. Ou seja, muitas decisões que tomamos surgem de um trabalho mental a respeito do qual conhecemos muito pouco. Logo, pesquisas que identifiquem o funcionamento da mente ajudam a clarificar onde estaremos propensos a cometer mais erros e, portanto, quando melhores estratégias decisórias se tornam necessárias.

A proposta para se lidar com essas barreiras inclui a adoção de intervenções no contexto decisório, isto é, o uso de *nudges*. No caso da SolarCity, o modelo de negócios adotado, com a estratégia de adoção dos modelos de *leasing* e PPA e criação de comunidades solares, se mostrou consistente com dois tipos de *nudge*: a adoção de mecanismos de neutralização do viés do presente e da aversão a perdas e o uso de influências sociais.

A perspectiva da economia comportamental se mostrou relevante para a análise deste mercado, uma vez que a inovação da GDFV criou as condições para que o consumidor final de energia aumente seu grau de autonomia, tendo a oportunidade de assumir o papel de “prossumidor”. Conforme argumentado, esse maior grau de autonomia representa a introdução de um novo agente decisor no mercado, mais suscetível à incidência de barreiras comportamentais, e, portanto, da influência do modelo de negócio analisado.

Projeções da Administração de Informações de Energia dos EUA (*Energy Information Administration* - EIA) mostram crescimento significativo do mercado de GDFV nas próximas décadas. O estudo ressalta que “rendimentos crescentes, custos decrescentes do sistema e influências sociais aceleram a adoção da energia solar residencial” (EIA, 2020). Para a análise do futuro deste mercado e do grau de autonomia do consumidor, é preciso considerar a evolução

ainda incerta em termos de profundidade e *timing* das tendências tecnológicas, organizacionais e institucionais da estrutura das indústrias de eletricidade.

No aspecto tecnológico, o desafio da intermitência das fontes renováveis confere relevância à incorporação de sistemas de armazenamento junto à GDFV. Especificamente na Califórnia, estado que tem sofrido com incêndios que danificam linhas de transmissão e a rede de distribuição causando *blackouts*, a incorporação de baterias para armazenamento de energia residencial (para desligar a casa da rede ou para usar como *backup*) tem ganhado relevância no mercado, à medida que os custos caem. Essa tendência torna-se especialmente relevante a partir da incorporação da SolarCity pela montadora de veículos elétricos e produtora de baterias Tesla em 2016, que agora vende sistemas de GDFV integrados às suas baterias (*Tesla Powerwalls*). Com essa evolução tecnológica, o grau de autonomia do consumidor aumenta, surgindo a figura do ‘*prosumer*’, ou seja, a união do consumo, produção e armazenamento (*storage*) de energia (SIOSHANSI, 2019).

No aspecto organizacional e institucional, em um primeiro momento de evolução do mercado de GDFV aspectos relativos a economias de escala e escopo pareciam não se manifestar como no sistema tradicional, pela descentralização da geração e ganhos de autonomia do consumidor final. A expansão do modelo implementado pela SolarCity na década de 2010 evidenciou, no entanto, que empresas podem adotar estratégias de integração vertical e expansão da base de clientes nesse mercado, reduzindo o grau de autonomia do consumidor final e retomando estratégias de economias de escala e escopo.

Embora o enfoque deste trabalho tenha sido as barreiras sugeridas pela literatura de economia comportamental e no sucesso do modelo de negócio da SolarCity em neutralizá-las, a observação do histórico da empresa e da evolução do mercado evidenciam que outras variáveis exerceram influência significativa nesta trajetória. Nesse sentido, cabe destacar o arcabouço de políticas públicas de incentivo (ITC e MACRS) e os marcos regulatórios (NEM) existentes na Califórnia, o acesso tecnológico e os mecanismos de financiamento por parte de grandes corporações e instituições financeiras, a integração vertical da empresa e a estratégia de aquisições de empresas ao longo da cadeia de valor. A difusão da indústria GDFV na Califórnia teve fatores determinantes únicos à região analisada. Pesquisas futuras sobre o papel de cada uma dessas variáveis na expansão da indústria GDFV parecem especialmente relevantes, dada a influência que exerceram no histórico de sucesso da SolarCity.

O conjunto desses fatores, atrelado à inovação no modelo de negócio implementado pela SolarCity resultaram em sua expansão e liderança no mercado, e na própria expansão do mercado, conforme exposto neste trabalho. Inovações como a da SolarCity podem reformular organizações, mercados e indústrias por completo. Conforme registra Hargadon (2015), quando bem-sucedidas, essas organizações demonstram para clientes, competidores, investidores, reguladores e outros no ecossistema um novo caminho de se organizar e novas oportunidades para cada um deles.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIELY, D. e KREISLER, J. *A psicologia do dinheiro*. Ed. Sextante, Rio de Janeiro, 2019.
- ASHRAF, N.; BANDIERA, O. e JACK, B. No margin, no mission? A field experiment on incentives for public service delivery. *Journal of Public Economics*, forthcoming, 2015.
- BECKER, G. *The economic approach to human behavior*. University of Chicago Press, 1976.
- BICALHO, R. Uma transição política e nacional. *Grupo de Economia da Energia, Blog Infopetro*. 2018. Disponível em <https://infopetro.wordpress.com/2018/09/04/uma-transicao-politica-e-nacional/>. Acesso em 25 abr. 2020.
- BOLLINGER, B. e GILLINGHAM, K. Peer effects in the diffusion of solar photovoltaic panels. *Marketing Science*, v. 31, p. 900-912, 2012.
- BOLLINGER, B. e GILLINGHAM, K. Social learning and solar photovoltaic adoption: evidence from a field experiment. Disponível em https://environment.yale.edu/gillingham/GillinghamBollinger_SocialLearningPV.pdf, 2017.
- CÂMARA, L.; VIANA, D. e ROSENTAL, R. O caso da Califórnia. In *'Experiências internacionais em geração distribuída: motivações, impactos e ajustes'*, de CASTRO, N. e DANTAS, G., Publit Soluções Editoriais, 2018.
- CIALDINI, R. Social influence: social norms, conformity and compliance. D.T. Gilbert, S.T. Fiske, G. Lindzey (Eds.), *The handbook of social psychology*, 4ª ed., McGraw-Hill, 1998.
- CEC. Tracking progress. 2016. Disponível em http://www.energy.ca.gov/renewables/tracking_progress/documents/renewable.pdf. Acesso em 14 out. 2016.
- CEC. Electric generation capacity & energy. 2017. Disponível em: http://www.energy.ca.gov/almanac/electricity_data/electric_generation_capacity.html. Acesso em 14 out. 2016.
- CPUC. Net Energy Metering. 2018. Disponível em: <http://www.cpuc.ca.gov/General.aspx?id=3800>. Acesso em 10 mar. 2020.
- CPUC. About the California Public Utilities Commission (CPUC). 2020. Disponível em: <http://www.cpuc.ca.gov/aboutus>. Acesso em 10 mar. 2020.
- COLOMER, M. A transição energética e o papel dos Estados nacionais. *Grupo de Economia da Energia, Blog Infopetro*. 2018. Disponível em <https://infopetro.wordpress.com/2018/04/11/a-transicao-energetica-e-o-papel-dos-estados-nacionais/>. Acesso em 25 abr. 2020.
- COLOMER, M. e QUEIROZ, H. Os condicionantes da política energética do setor de petróleo nas últimas décadas. *Grupo de Economia da Energia, Blog Infopetro*. 2019.

Disponível em <https://infopetro.wordpress.com/2019/04/17/os-condicionantes-da-politica-energetica-do-setor-de-petroleo-nas-ultimas-decadas>. Acesso em 25 abr. 2020.

COMELLO, S. e REICHELSTEIN, S. Cost competitiveness of residential solar PV: The impact of net metering restrictions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 75, p. 46-57, 2016.

DARGHOOUTH, N; BARBOSE, G.; WISER, R. The impact of rate design and net metering on the bill savings from distributed PV for residential customers in California. *Energy Policy*, v. 39, No 9, p. 5243-5253, 2011.

DAVIDSON, C.; STEINBERG, D. e MARGOLIS, R. Exploring the market for third-party-owned residential photovoltaic systems: insights from lease and power-purchase agreement contract structures and costs in California. *Environmental Research Letters*, v. 10, 2015.

DI SILVESTRE, M. L.; FAVUZZA, S.; SANSEVERINO, E. e ZIZZO, G. How decarbonization, digitalization and decentralization are changing key power infrastructures. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 93, p. 483-498, 2018.

DONOVAN, C. W. *Renewable energy financing: powering the future*. Imperial College Press, London, UK, p. 23–32, 2015.

DRURY, E. The transformation of southern California's residential photovoltaics market through third-party ownership. *Energy Policy*, v. 42, p. 661–690, 2012.

DUTHU, R.; ZIMMERLE, D.; BRADLEY, T. e CALLAHAN, M. Evaluation of existing customer-owned, on-site distributed generation business models, *The Electricity Journal*, 2013.

EBELING, F. e LOTZ, S. Domestic uptake of green energy promoted by opt-out tariffs. *Nature Climate Change*, v. 5, p. 868-871, 2015.

EIA. Electric power monthly with data for December 2019. 2017. Disponível em https://www.eia.gov/electricity/monthly/current_month/epm.pdf.

EIA. Annual energy outlook 2019 with projections to 2050. 2020. Disponível em <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/aeo2019.pdf>.

FEHRENBACHER, K. As solar panels boom, it was the simple business model that the big energy players missed. GIGAOM. 2014. Disponível em <http://gigaom.com/2014/05/16/as-solar-panels-boom-it-was-the-simple-business-model-that-the-big-energy-players-missed/>. Acesso em 30 jun. 2019.

FERRAZ, C. A importância das redes para o sucesso das estratégias de descarbonização do setor elétrico. *Grupo de Economia da Energia, Blog Infopetro*. 2019. Disponível em <https://infopetro.wordpress.com/2019/05/14/a-importancia-das-redes-para-o-sucesso-das-estrategias-de-descarbonizacao-do-setor-eletrico/>. Acesso em 25 abr. 2020.

FU, R., FELDMAN; D., MARGOLIS; R.; WOODHOUSE, M. e ARDANI, K. U.S. solar photovoltaic system cost benchmark: Q1 2017. *National Renewable Energy Laboratory*, 2017.

GARGASSON, J. B. L. e SALOMÉ, B. The role of innovative financing mechanisms for health, *World Health Report*, v. 12. p. 3–5, 2010.

GOLEMAN, D. *Foco*. Objetiva. 2013.

GRAHAM, S.; KATOFISKY, R.; FRANTZIS, L.; SAWYER, H. e MARGOLIS, R. Future of grid-tied PV business models: what will happen when PV penetration on the distributed grid is significant? *Conference Paper NREL/CP-670-42985*, 2008

HALFELD, M., e TORRES, F. de F. L. Finanças comportamentais: aplicações no contexto brasileiro. *Revista de Administração de Empresas*, v. 41(2), 2011.

HARGADON, A. *Sustainable Innovation: Build your company's capacity to change the world*. Stanford Business Books, 2015.

HOWE, C. J. e GERRARD, M. The law of green buildings: regulatory and legal issues in design, construction, operations, and financing. *American Bar Association*, 2010.

IPCC. Summary for policymakers. In: *Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 1-29. 2013.

IEA. *Renewables 2019*, IEA, Paris 2019. Disponível em <https://www.iea.org/reports/renewables-2019>. Acesso em 25 abr. 2020.

IRENA. Renewable capacity statistics 2019, *International Renewable Energy Agency (IRENA)*, Abu Dhabi, 2019.

JOHNSON, E. e GOLDSTEIN, D. Do default saves lives. *Science*, v. 302, No. 5649, p. 1338-1339, 2003.

JOHNSON, K.; WILLOUGHBY, G.; SHIMODA, W. e VOLKER, M. Lessons learned from the field: key strategies for implementing successful on-the-bill financing programs. *Energy Efficiency*, v. 5, p. 109–19, 2012.

JOSKOW, P. L. Deregulation and regulatory reform in the US electric power sector. In Sam Peltzman and Clifford Winston (eds.), *Deregulation of Network Industries: What's Next?* Brookings Institution Press, Washington, DC. 2000.

JOSKOW, P. L. California's electricity crisis. *Oxford Review of Economic Policy*, v. 17(3), p. 365–388, 2001.

KAHNEMAN, D. e TVERSKY, A. Prospect theory: an analysis of decision under risk. *Econometrica*, v. 47, p. 263-291, 1979.

KAHNEMAN, D.; KNETSCH, J. e THALER, R. Fairness as a constraint on profit seeking: Entitlements in the Market. *The American Economic Review*, v. 76 (4), p. 728-741, 1986.

KAHNEMAN, D. Maps of bounded rationality: psychology for behavioral economics. *The American Economic Review*, v. 93 (5), p. 1449-1475, 2003

KAHNEMAN, D. *Thinking, fast and slow*. Objetiva, 2011.

KRAFT-TODD, G.T.; BOLLINGER, B. e GILLINGHAM, K.; LAMP, S. e RAND, D.G. Credibility-enhancing displays promote the provision of non-normative public goods. *Nature*, v. 563, 245–248, 2018.

KREMER, M.; MIGUEL, E.; MULLAINATHAN, S.; NULL, C., e ZWANE, A. Social Engineering: Evidence from a Suite of Take-Up Experiments in Kenya. *Harvard University Working Paper*, 2011.

LAIBSON, D. Golden eggs and hyperbolic discounting. *Quarterly Journal of Economics*, v. 112, p. 448-477, 1997.

LOWDER, T.; SCHWABE, P.; ZHOU, E. e ARENT, D. Historical and Current U.S. Strategies for Boosting Distributed Generation. *NREL Technical Report TP-6A20-64843*, 2015.

MACK, G. A. An assessment of electricity sector reforms to achieve California's energy goals. *Dissertação de doutorado*, California State University, Sacramento, 2015.

MEIER, A. K. e WHITTIER, J. Consumer discount rates implied by purchases of energy-efficient refrigerators. *Energy*, v. 8, p. 957–62, 1983.

MEZA, E. SolarCity doubles first-quarter revenue, cuts net loss by 41%. Disponível em http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/solarcity-doubles-first-quarter-revenue--cuts-net-loss-by-41_100015035/. Acesso em 30 jun. 2014.

MEZA, E. SolarCity narrows annual loss, posts fourth-quarter profit. Disponível em http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/solarcity-narrows-annual-loss--posts-fourth-quarter-profit_100014550/. Acesso em 19 mar. 2014.

MIND Over Money. Direção: Malcolm Clark. Intérprete: Gary Becker. [S. l.]: NOVA / PBS, 2010. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DWh3Y5OyN34>. Acesso em: 10 fev. 2020.

MUNSELL, M. US solar market grew 41%, had record year in 2013. 2014. Disponível em <http://www.greentechmedia.com/articles/read/u.s.-solar-market-grows-41-has-record-year-in-2013>. Acesso em 30 jan. 2020.

MUNSELL, M. GTM Research: 20 US States at grid parity for residential solar. 2016. Disponível em <https://www.greentechmedia.com/articles/read/gtm-research-20-us-states-at-grid-parity-for-residential-solar>. Acesso em 10 mar. 2020.

NEASE, B. *The power of fifty bits*. Harper and Collins Publishers, 2016.

NC Clean Energy Technology Center. 50 States of Solar. Q3 2015 Quarterly Report. 2015. Disponível em: https://nccleantech.ncsu.edu/resource_library/50-states-of-solar-q3-2015/. Acesso em 27 jul. 2016.

PEPERMANS, G.; DRIESEN, J.; HAESLONCKX, D.; BELMANS, R. e D'HAESELEER, W., Distributed Generation: definition, benefits and issues. *Energy Policy*, v. 33, p. 787-798, 2005.

PINTO JR., H. Q.; ALMEIDA, E.; BOMTEMPO, J. V.; IOOTTY, M. e BICALHO, R. *Economia da Energia: Fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial*. 2ª ed., Rio de Janeiro, Elsevier. p. 178-199, 2016.

PLUMER, B. SolarCity is trying to become the Apple of solar power. Vox. 2014. Disponível em <http://www.vox.com/2014/6/17/5817504/solarcity-is-trying-to-become-the-apple-of-solar-power>. Acesso em 10 mar. 2020.

PRELEC, D. e LOWENSTEIN, G. The red and the black: Mental accounting of savings and debt. *Marketing Science*, v. 17, p. 4-28, 1998.

RAI, V. e McANDREWS, K. Decision-making and behavior change in residential adopters of solar PV. In *World Renewable Energy Forum, WREF 2012, Including World Renewable Energy Congress XII and Colorado Renewable Energy Society (CRES) Annual Conference*, p. 2875-2880, 2012.

RAI, V. e SIGRIN, B. Diffusion of environmentally-friendly energy technologies: buy versus lease differences in residential PV markets. IOP Publishing Ltd. *Environmental Research Letters*, v. 8, 2013.

RAI, V. e ROBINSON, A. S. Effective information channels for reducing costs of environmentally-friendly technologies: evidence from residential PV markets. IOP Publishing Ltd. *Environmental Research Letters*, v. 8, 2013.

RAI, V. e ROBINSON, A. S. Agent-based modeling of energy technology adoption: Empirical integration of social, behavioral, economic, and environmental factors. *Environmental Modelling & Software*, v. 70, p.163-177, 2015.

RAI, V. e HENRY, D. A. Agent-based modelling of consumer energy choices. *Nature Climate Change*, 2016.

RICHARDSON, L. What is the history of solar energy and when were solar panels invented? 03 mai. 2018. Disponível em <https://news.energysage.com/the-history-and-invention-of-solar-panel-technology/>. Acesso em 20 jan. 2020.

RIVE, L. Stanford Seminar - Entrepreneurial Thought Leaders. 2015. Disponível em www.youtube.com/watch?v=g7MYUgXi15E.

ROSELUND, C. (2014). SolarCity continues to dominate the US residential solar PV market. PV Magazine. 2014. Disponível em http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/solarcity-continues-to-dominate-us-residential-solar-pv-market_100015621/#axzz39KbbCIN2. Acesso em 10 mar. 2020.

ROSS, S.; WESTERFIELD, R. e JORDAN, B. *Fundamentos de Administração Financeira*, 9a. edição, McGraw Hill, 2013.

ROTH, S. California might not require solar panels on new homes, after all. Los Angeles Times, Climate & Environment. 2019. Disponível em <https://www.latimes.com/environment/story/2019-11-11/california-might-not-require-solar-panels-on-new-homes>. Acesso em 24 jan. 2020.

RUDERMAN, H; LEVINE, M. e MCMAHON, J. The behavior of the market for energy efficiency in residential appliances including heating and cooling equipment. *Energy Journal*, v. 8, p. 24-101, 1987.

SAMUELSON, W. e ZECKHAUSER, R. Status quo bias in decision making. *Journal of Risk and Uncertainty*, v. 1, p. 7-59, 1988.

SAWIN, J. L. *The role of government in the development and diffusion of renewable energy technologies: Wind power in the United States, California, Denmark and Germany, 1970-2000*, 2001.

SEBA, T. Clean disruption of energy and transportation. *Clean Planet Ventures*. Silicon Valley, California, USA, 2014.

SEBA, T. Palestra proferida no Clean Energy Action, em Boulder (Colorado), 2017. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=2b3ttqYDwF0>. Acesso em 10 fev 2020.

SENDY, A. Top 10 solar states for 2017. Solar Reviews. 2019. Disponível em <https://www.solarreviews.com/blog/top-10-solar-states-2017>. Acesso em 15 mar. 2020.

SHIH, L. H. e CHOU, T. Y. Customer concerns about uncertainty and willingness to pay in leasing solar power systems. *International Journal Environmental Science Technology*, 2011.

SIDIRAS, D. K. e KOUKIOS, E. G. Solar systems diffusion in local markets. *Energy Policy*, 2004.

SIMON, H. Theories of bounded rationality. In C. B. McGuire, & R. Radner, *Decision and Organization* (pp. 161-176). Amsterdam North-Holland, 1972

SIOSHANSI, P. F. *Consumer, prosumer, prosumager*. 1ª ed., Academic Press, 2019.

STANOVICH, K. e WEST, R. Individual differences in reasoning: Implications for the rationality debate? *Behavioral and Brain Sciences*, v. 23, p. 645-65, 2000.

STOKES, L. C. Power politics: renewable energy policy change in US states. *Dissertação de doutorado*, Massachusetts Institute of Technology, 2015.

SWEENEY, J. L. California electricity restructuring: the crisis and its aftermath. In: Sioshansi, F.P., Pfaffenberger, W. (Eds.), *Electricity Market Reform*, Elsevier, Waltham, MA. 2006.

TESLA. Tesla and SolarCity. 01 nov. 2016. Disponível em <https://www.tesla.com/blog/tesla-and-solarcity>. Acesso em 10 fev. 2020.

THALER, R. Mental accounting matters. *Journal of Behavioral Decision Making*, v. 12, p.183-203, 1999.

THALER, R. e SUNSTEIN, C. *Nudge*. Objetiva, 2008.

THALER, R. Entrevistado por Tim Harford, Financial Times, em 02 ago. 2019. Disponível em <https://www.ft.com/content/a317c302-aa2b-11e9-984c-fac8325aaa04>. Acesso em 24 jan. 2020.

TVERSKY, A. e KAHNEMAN, D. Judgment under uncertainty: heuristics and biases. *Science*, v. 185, p. 1124-31, 1974.

TVERSKY, A. e KAHNEMAN, D. The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, v. 211, p. 453-58, 1981.

UNFCCC. Adoption of the Paris Agreement. 2015. Disponível em: <https://unfccc.int/documents/9064>. Acesso em 20 abr 2020.

UNEP. *Options for resource mobilization, including innovative financing mechanisms, and draft strategy for resource mobilization in support of the achievement of the objective of the convention*, UNEP/CBD/WG-RI/2/4, 2007.

UMIHANIC, U. Business model innovation as a new source of competitive advantage - A case study based on the energy sector. *Dissertação de Mestrado*, EBS Business School, Universität für Wirtschaft und Recht, Bosnia and Herzegovina, 2014.

VASILAKI, K. e LEONARD, K. As good as the networks they keep? Improving farmers' social networks via randomized information exchange in rural Uganda. Columbia University *Working Paper*, 2011.

WINKLER, A. M. California must be doing something right in Trump's America. 2018. Disponível em <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2018-05-29/trump-vs-california-state-s-economy-vastly-outpaces-u-s>. Acesso em 10 fev. 2020.

ZEIDAN, R. Governo erra até ao tentar acertar. Folha de São Paulo, 20 abr. 2019. Acesso em 20 nov. 2019.

ZHANG, S. Innovative business models and financing mechanisms for distributed solar PV (DSPV) deployment in China. *Energy Policy*, v. 95, p. 458-467, 2016.