

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS**

BÁRBARA CÂNDIDO DA GAMA ALVES

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA COM A UTILIZAÇÃO
DE OPÇÕES REAIS EM PROJETOS DE ENERGIA SOLAR**

**VOLTA REDONDA
2017**

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA COM A UTILIZAÇÃO
DE OPÇÕES REAIS EM PROJETOS DE ENERGIA SOLAR**

Artigo apresentado ao curso de graduação em Administração de Empresas do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Administração de Empresas.

Aluno:

Bárbara Cândido da Gama Alves

Orientadora:

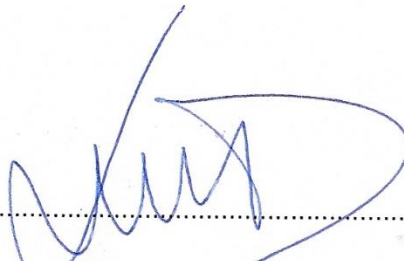
Prof.^a MSc. Lucimeire Cordeiro da Silva Faria

VOLTA REDONDA
2017

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso Intitulado ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA COM A UTILIZAÇÃO DE OPÇÕES REAIS EM PROJETOS DE ENERGIA SOLAR, elaborado por BÁRBARA CÂNDIDO DA GAMA ALVES e apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Administração.

Aprovada em 06 de dezembro de 2017.



Lucimeire Cordeiro da Silva, Mestre - UniFOA



Ademir Geraldo do Nascimento, Mestre - UniFOA



Carlos Eduardo Teobaldo Alves, Mestre - UniFOA

*“O investimento em conhecimento é
aquele que traz maiores retornos.”*

Benjamin Franklin

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à professora Lucimeire Cordeiro da Silva Faria por ter compartilhado um pouco de sua vasta experiência e contribuído para meu crescimento acadêmico, me aceitando como sua orientanda e sugerindo um tema tão interessante e desafiador.

Ao professor Carlos Eduardo Teobaldo Alves, pela paciência e compreensão durante o último período letivo.

Ao professor Marcos Antonio Ribeiro Andrade, pelas orientações e conselhos que contribuíram para minha formação.

À Elizangela Aparecida da Silva, pela paciência, companheirismo e por não me deixar desanimar ao longo de todos esses anos. De todo o meu coração, obrigada.

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus familiares, que sempre incentivaram o estudo e a busca por crescimento.

Dedico à Liz, a quem tenho como exemplo de determinação e de paixão pelo conhecimento. À você todo o meu amor e admiração.

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo final analisar a viabilidade econômica do investimento em energia solar fotovoltaica em uma residência localizada na cidade de Volta Redonda/RJ por meio de definição de parâmetros sobre a incerteza do preço das placas fotovoltaicas quanto ao custo de implantação do projeto, bem como tem por objetivo intermediário, verificar o momento ótimo para investir no projeto, com a utilização da Teoria de Opções Reais. A metodologia é bibliográfica, experimental e descritiva. De acordo com os resultados encontrados, observou-se que a opção de espera para investir somente no sexto ano será melhor sempre que o valor da espera for superior ao valor obtido do investimento. Concluiu-se que valerá a pena investir sob qualquer variação dos preços das placas nos próximos dois anos, porém, caso o preço das placas esteja subindo, a partir do segundo ano, a opção de esperar é a mais valiosa.

Palavras-chave: opções reais; fluxo de caixa; valor presente líquido; energia solar fotovoltaica.

1 INTRODUÇÃO

Diante do avanço tecnológico e o crescimento populacional a humanidade encontra-se cada vez mais dependente da energia elétrica. Porém, em face da necessidade de se combater o aquecimento global e com as limitações impostas pelas fontes convencionais de energia as chamadas matrizes renováveis têm sido foco de pesquisas e incentivos (SILVA, 2015).

Segundo Silva (2015), nas últimas décadas, diversos países vêm adotando políticas de incentivo ao uso de fontes alternativas em substituição às fontes de origem fóssil, que liberam CO₂ na atmosfera (um dos gases causadores do efeito estufa). Dentre as fontes de energia renováveis que têm apresentado um significativo crescimento mundial nas últimas décadas, está a energia solar fotovoltaica.

A energia solar é uma das principais fontes de energia limpa e com potencial a ser explorado até maior do que países que atualmente têm estado no ranking mundial de uso dessa fonte de energia e segundo a ANEEL (2005), quase todas as fontes de energia, incluindo energia dos oceanos, eólica, biomassa, hidráulica e combustíveis fósseis e podem ser definidas como formas indiretas de energia solar.

Conforme Rütter (2004), a energia solar se destaca devido a possibilidade de geração de energia elétrica de forma distribuída sem a necessidade de extensas linhas de transmissão e possibilitando a instalação de sistemas de diferentes potências independentemente de áreas extras para sua implantação.

O crescimento pela busca e uso da fonte solar se explica pela estabilização e crescimento da indústria de equipamentos voltados para sistemas de energia fotovoltaicos. De acordo com o que afirmam Esposito e Fuchs (2013), os mercados de países desenvolvidos, a evolução da tecnologia e os aumentos da demanda e da escala de produção viabilizaram a redução de preços e o aumento do uso dessa fonte de energia. Em países como Japão, Austrália, Alemanha e Estados Unidos mecanismos regulatórios específicos para estimular o uso de energia solar vem sendo desenvolvidos.

No Brasil, a fonte solar também tem sido estimulada nos últimos anos, porém, em menor escala se comparado aos países europeus, uma vez que o país dispõe de

alternativas de energia limpa mais baratas. Como incentivos à geração de energia elétrica distribuída proveniente de fonte solar, Silva (2015) cita o Sistema de Compensação de Energia Elétrica para a Microgeração e Minigeração Distribuídas, instituído pela Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, da ANEEL que diz que os consumidores de energia solar poderão abater a energia injetada daquela consumida, pagando somente a diferença entre o que foi consumido e o que foi injetado para as distribuidoras (esse sistema é denominado *net metering*).

Os níveis anuais de irradiação solar registrados no Brasil variam entre 1.500 e 2.500 kWh/m² contra uma média de 1.250 kWh/m² apontados em outros países, como a Alemanha por exemplo, comprovando que as condições brasileiras são muito mais favoráveis ao aproveitamento da energia solar e justificando sua inserção como fonte complementar na matriz energética brasileira (TORRES, 2012).

O projeto de implementação de um sistema fotovoltaico é considerado um investimento, pois demonstra características tais como irreversibilidade, incerteza e *timing* (DIXIT; PINDYCK, 2001). A sua execução é irreversível, haja vista que uma vez iniciado o projeto não há mais a opção de retornar o capital investido; apresenta incertezas, como a alteração do custo de implementação do sistema e o preço futuro da energia elétrica; além de revelar um *timing*, característica esta que nos permite decidir qual o momento ótimo de se investir em um projeto.

Diante do exposto acima, o problema que norteará a pesquisa pode ser colocado da seguinte forma: é viável o investimento em energia solar? Para responder a esta pergunta, o objetivo final deste trabalho será verificar a viabilidade econômica do investimento em energia solar fotovoltaica por meio de definição de parâmetros sobre a incerteza do preço das placas fotovoltaicas quanto ao custo de implantação do projeto, enquanto que o objetivo intermediário será perceber o melhor momento para realizar o investimento.

Para este fim, será utilizado o método de opções reais, que permite identificar a viabilidade do investimento bem como o melhor momento de investir, para analisar em um projeto de energia solar em uma residência localizada em Volta Redonda/RJ as opções de investimento, espera ou não investir durante um período de seis anos a partir do ano de 2018.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Energia Solar

Desde o final do século passado a busca por fontes de energia alternativas passou a ganhar mais atenção devido, principalmente, a questões ambientais relacionadas às mudanças climáticas e os impactos que estas podem causar à humanidade. Após a crise do petróleo¹ o mundo compreendeu que os combustíveis fósseis eram finitos e sujeitos a sofrer grandes alterações em seus estoques e distribuição (TOLMASQUIM, 2016).

Diante de limitações impostas pelas fontes convencionais de energia, tais como a perspectiva de esgotamento, as matrizes renováveis (que utilizam recursos com renovação natural) têm sido foco de pesquisas e incentivos. Deste modo, esforços significativos vêm sendo realizados a fim de desenvolver sistemas de energia sustentados fontes renováveis, principalmente para uso em fins residenciais e comerciais.

As fontes renováveis auxiliam na sustentabilidade ambiental do planeta através da utilização de recursos que não comprometam a qualidade de vida e utilizam recursos naturais que contam com ampla disponibilidade e renovação, como o sol, ventos, oceanos, entre outros, podendo ser consideradas como aquelas para as quais o homem pode gerir sua disponibilidade e utilização (SANTOS, 2013).

A energia oriunda dos raios solares é a forma mais antiga de energia utilizada pelo homem. Souza e Guerra (2007) afirmam que a energia solar é uma fonte absoluta e abundante, capaz de substituir uma parcela expressiva dos sistemas de geração de energia convencionais além de ter como principais vantagens o fato de ser renovável, não poluente e não contribuir para o aumento de temperatura do planeta.

Conforme a ANEEL (2005, p. 29), “quase todas as fontes de energia – hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos – são formas indiretas de energia solar”. Como forma direta, os raios do Sol são utilizados para a

¹ A crise do petróleo teve início nos anos 70, quando se descobriu que o recurso natural não é renovável. Em decorrência disto, em 1973, os principais países produtores do Oriente Médio começaram a regular as exportações do óleo às nações consumidoras, tendo como resultado a elevação de até 400% no preço final do barril de petróleo (IPEA, 2010).

produção de eletricidade, no qual a radiação solar é convertida diretamente em energia elétrica, podendo ser aplicada em diversos usos; ou utilizada como geradora de energia térmica, promovendo o aquecimento de ambientes ou de fluidos para a geração de potência mecânica ou elétrica.

Para fins de aproveitamento térmico são utilizados coletores para o aquecimento de água quente (para banho, por exemplo, em usos residenciais) ou concentradores solares para atividades ou processos industriais que demandem temperaturas elevadas. Neste contexto, a radiação solar é captada através de painéis ou tubos a vácuo, transformada em calor e utilizada para aquecimento (ANEEL, 2005).

De acordo com Reis (2011), a geração de energia elétrica a partir da radiação solar pode ser adquirida de duas formas: diretamente, pelo efeito fotovoltaico (FV), que consiste na conversão direta da luz em eletricidade; ou indiretamente, nos denominados sistemas heliotérmicos (conhecidos também como termossolares e, internacionalmente, como *Concentrated Solar Sower*), que são uma forma de geração termelétrica baseada na conversão da energia solar em energia térmica, e posteriormente, conversão desta última em energia elétrica.

Os dispositivos utilizados no processo obtenção do efeito fotovoltaico (denominados como células fotovoltaicas) além de não fazerem uso de combustíveis fósseis também não degradam o meio ambiente. A geração energética a partir da conversão fotovoltaica se dá por meio de módulos ou placas fotovoltaicas. Cada placa apresenta um conjunto de células fotovoltaicas que, unidas, viabiliza a geração de energia elétrica. Ao unir vários módulos em um arranjo, o sistema compõe um painel, que pode ser instalado em uma edificação ou sobre o solo (RÜTHER, 2004).

2.2 Sistema *Net Metering*

Há duas principais vertentes de promoção para a geração de energia solar, mundialmente: o *feed-in tariff* e o *net metering* (ESPOSITO; FUCHS, 2013).

Esta seção abordará o sistema *net metering*, o qual é o sistema de compensação de energia elétrica referido universalmente como um dos mais importantes incentivos regulatórios para a geração de energia solar fotovoltaica.

O conceito de *net metering*, também conhecido como medição líquida de energia, teve início em 1983, no estado de Minnesota nos Estados Unidos, e consiste numa política energética de incentivo à geração descentralizada que permite aos clientes de uma determinada comercializadora elétrica, compensar parte ou a totalidade dos seus consumos, através da energia produzida pelos seus sistemas fotovoltaicos (ALVES, 2014).

Substancialmente, o *net metering* tem por finalidade regimentar a troca de energia entre concessionária e usuário de energia solar. No Brasil, essa regulamentação é regida por intermédio da Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, da ANEEL (2012) que diz que os consumidores de energia solar poderão abater a energia injetada daquela consumida, pagando somente a diferença entre o que foi consumido e o que foi injetado para as distribuidoras.

Este modelo consiste na aplicação de um medidor bidirecional capaz de medir o fluxo total de energia dentro de um período de tempo (ALVES, 2014). Na hipótese de o consumo ser maior que a energia gerada, o medidor irá medir a quantidade de energia fornecida ao consumidor normalmente, e no caso de a energia gerada ser superior ao consumo, o gerador irá se mover no sentido inverso ao convencional, registrando assim a energia fornecida à rede.

Ao final de um período pré-determinado é realizada a verificação do medidor e só então é executada a cobrança. Créditos são acumulados nas concessionárias quando no caso de excedência de energia (quando a geração solar supera consumo), enquanto que débitos são acumulados quando o inverso ocorre (o consumo local supera a geração solar). Um balanço é realizado pelas concessionárias no momento do faturamento das contas de energia, no qual créditos acumulados podem compensar débitos (ABINEE, 2015).

Ao longo de cada período de faturação, o *prosumer* (termo que se refere ao consumidor que pode, também, ser produtor de energia) está apto a injetar qualquer excesso produzido pelos seus sistemas fotovoltaicos diretamente na rede elétrica de serviço, servindo deste modo, como um sistema virtual de armazenamento que possibilita que essas quantidades sejam utilizadas futuramente ao seu momento de geração (Campoccia *et al*, 2009).

Desta forma, o consumidor será capaz de utilizar a energia armazenada nos períodos em que o seu sistema FV não produzir energia elétrica suficiente para compensar as necessidades energéticas da sua instalação (durante períodos nublados e até mesmo à noite).

2.3 Opções Reais

O ano de 1973 foi marcado por dois importantes eventos que afetaram diretamente a área de finanças, tanto teórica quanto prática. O primeiro episódio ocorreu em abril e foi caracterizado pela abertura da bolsa de valores, a *Chicago Board Options Exchange* (CBOE), que se tornou a primeira bolsa de valores para negociação de opções no mundo (TITMAN; MARTIN, 2010: p. 438).

Na visão de Titman e Martin (2010), o segundo acontecimento foi a publicação do modelo Black-Scholes, em maio daquele ano, que consiste em equações que visam avaliar e obter o preço justo das opções. A posteriori, viu-se a disseminação de uma multiplicidade de mercados financeiros que transacionam opções, bem como derivativos financeiros.

Para Titman e Martin (2010, p. 438), “derivativos financeiros são títulos mobiliários cujos valores derivam dos valores de outros ativos”. Essencialmente, há três tipos principais de títulos derivativos, sendo eles: opções, contratos a termo e contratos futuros.

Um contrato de opção dá ao seu possuidor o direito, porém não a obrigação de compra (*call*) ou venda (*put*) de um determinado ativo por um preço (conhecido como preço de exercício ou *strike*) em um determinado prazo. Para simbolizar o preço de exercício da opção utiliza-se “K”. Nesta hipótese, o ativo subjacente são as ações ordinárias que o proprietário do contrato vende ou compra caso o contrato seja realizado, podendo ser físico ou financeiro, negociado no mercado à vista ou não (BRASIL *et al*, 2007).

De acordo com Hull (1998), a partir de 1973, quando as opções de ações passaram a ser negociadas em bolsa de valores, os mercados de opções tiveram um aumento expressivo, surgindo uma demanda significativa por métodos para uma

avaliação mais exata do seu valor. Conforme afirmam Titman e Martin (2010), no mercado de derivativos relacionam-se dois tipos de opções: americana e europeia.

Segundo Brasil *et al* (2007), a avaliação de opções europeias apresenta-se como uma tarefa bastante simples, quando comparada à avaliação de opções americanas, uma vez que as opções europeias só podem ser exercidas nas suas respectivas datas de vencimento, apenas o conhecimento do preço final do ativo é necessário para que elas sejam avaliadas.

Black e Scholes desenvolveram uma solução analítica para a avaliação de opções de compra do tipo europeia. Para as opções de natureza mais complexa, como as opções americanas, soluções analíticas requerem alto poder computacional, necessitando de desenvolvimento de técnicas para tornar a avaliação desses derivativos mais amigáveis (HULL, 2016).

O mercado de opções permite que o investidor alavanque sua posição em um ativo específico, além de possibilitar um aumento no retorno (que também é maximizado quando existem incertezas associadas ao ativo subjacente) sobre o investimento inicial.

Para Brasil *et al* (2007), alguns aspectos técnicos devem ser considerados ao se relacionar as opções financeiras com as opções reais, destacando-se, as formas como são concebidas. Enquanto as opções financeiras se originaram de ativos de derivativos, as opções reais se reportam aos ativos reais ao passo em que refletem as várias alternativas de investimento de um projeto de investimento de capital.

Segundo Titman e Martin (2010), uma opção real é o direito de empreender uma ação, podendo o detentor desta adiar, expandir, investir ou abandonar o projeto, a um custo predeterminado por um período preestabelecido (a vida da opção).

Projetos que podem ter a decisão de investimento postergada com o intuito de se beneficiar de informações disponíveis no futuro ou que possuam outras opções embutidas, envolvem um custo de oportunidade de investimento que deve ser levado em consideração.

Segundo Titman e Martin (2010), antes de analisar um investimento através da deve-se examinar como os investimentos são avaliados aplicando a abordagem do Fluxo de Caixa Descontado (FCD). Por meio do FCD o analista estima fluxos de caixa

esperados do investimento e o custo de capital apropriado para usar no desconto dos fluxos de caixa esperados. Os fluxos de caixa esperados são calculados pela multiplicação dos preços esperados pela quantidade prevista, subtraindo os fluxos de caixa utilizando as taxas de desconto ajustadas ao risco.

Em cenários onde o componente de opção do investimento e as opções transacionadas estão em desacordo faz-se necessário um modelo de apreçamento de opções para avaliar o investimento. Um exemplo disto são as situações em que o investimento analisado apresenta fluxos de caixa distribuídos por muitos anos ao passo em que as opções negociadas têm data de vencimento dentro do prazo de apenas um ano (TITMAN; MARTIN, 2010, p. 442).

O ponto central de análise da Teoria das Opções Reais é a valoração do resultado líquido do projeto, considerando um cenário com incertezas. A incerteza não deve ser vista como um aspecto negativo no processo decisório pois, como afirmam Amram e Kulatilaka (1999), haja vista que a mesma cria oportunidades, e nesta condição, uma administração ativa gera valor ao investimento, expandindo as possibilidades de ponderar ganhos maiores.

De acordo com Hull (2005), a volatilidade é a medida da incerteza do retorno proporcionado por um ativo. Assim, em ambientes incertos, as variáveis podem estar sujeitas a uma volatilidade que comprometa a aceitação do projeto. O Valor Presente Líquido é considerado como ponto de partida para análise de opções reais, em que não é levada em consideração a flexibilidade gerencial na tomada de decisão.

Uma das principais vantagens da mensuração de valor através do método de opções reais é a possibilidade de captar e compreender suas alternativas de investimento. Segundo Saurin (2002), o modelo de avaliações de opções tem um largo campo de utilização na gestão financeira de organizações e tem grande importância na análise de determinação do valor de uma empresa e de outros ativos.

Existem vários modelos para precificar opções, porém os modelos mais utilizados são os modelos Binomial e de Black e Scholes². Esses dois modelos levam

² O modelo é uma poderosa ferramenta quando se deseja estimar preços de opções de compra e de opções de vendas. Reconhecido em 1997, o modelo criado por Black e Scholes leva em consideração, essencialmente, cinco variáveis: volatilidade, taxa de juros livre de risco, tempo restante para o exercício da opção, preço do ativo-objeto e preço da opção (Hull, 2005).

em consideração diversas variáveis no momento de se atribuir valor a uma opção (TITMAN; MARTIN, 2010).

2.3.1 Árvore Binomial

Esta abordagem foi desenvolvida em 1979 por Cox, Ross e Rubinstein no intuito de definir uma fórmula para precificação de opções que possibilitasse atribuir valor tanto para opções europeias quanto americanas. Mesmo tendo sido desenvolvida para valorar opções financeiras, este modelo também é bastante aplicado para precificar opções reais (HULL, 2016).

De acordo com Saito *et al* (2011), o modelo binomial é uma forma simplificada de estimar preços de opções que supõe que o preço de uma ação suba ou caia em intervalos de tempo consecutivos. A grande vantagem deste modelo o fato de ele suportar várias fontes de incertezas.

Entretanto, sua principal limitação é sua velocidade, que é consideravelmente pequena. A aplicação deste modelo envolve a construção da chamada árvore binomial (conforme Figura 1), que apresenta as diferentes trajetórias que o ativo pode seguir ao longo do caminho.

A árvore de decisões binomial ilustra diferentes cenários para um mesmo projeto ponderando variáveis como o tempo, a volatilidade à qual o projeto está sujeito e as probabilidades de tais cenários acontecerem. Em cada nó é possível escolher a decisão ótima e obter o valor que o investidor obterá ao tomar essa decisão ótima através de movimentos ascendentes (u), descendentes (d) e as probabilidades (p) e (q) dos cenários se concretizarem (JUNIOR, 2016).

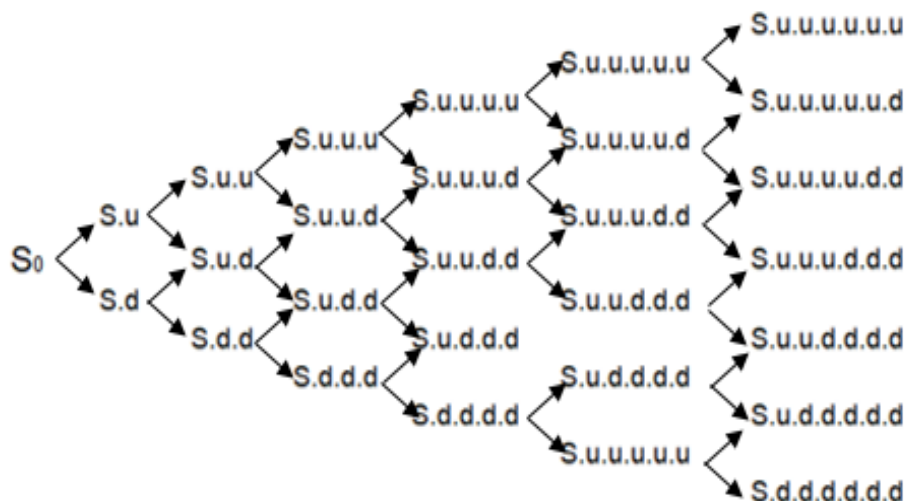


Figura 1 – Exemplificação de árvore binomial considerando 6 períodos
Fonte: O autor

2.4 Fluxo de Caixa

Atualmente, o método de avaliação de investimentos mais difundido é o Fluxo de Caixa Descontado (FDC), que utiliza as projeções do fluxo de caixa futuro que serão geradas pelo investimento ao longo da sua vida útil, descontadas ao custo de oportunidade dos capitais que financiam o projeto. O fluxo de caixa possibilita planejar e acompanhar as entradas e as saídas de recursos financeiros, de forma que se possa operar de acordo com os objetivos e metas determinados, seja a curto prazo (para gerenciar o capital de giro) ou a longo prazo (para fins de investimentos) (BRASIL *et al*, 2007).

O cálculo do Valor Presente do Fluxo de Caixa estimado se dá pela fórmula

$$VP = \sum_{1}^n \frac{FC_n}{(1+i)^n}$$
, em que n representa o número de períodos e i representa a taxa de juros.

2.5 Valor Presente Líquido

O valor presente líquido (VPL) é uma ferramenta que se prevalece do método do FCD tendo sido bastante utilizada para análise de projetos de investimentos. O critério de aceitação dessa técnica diz que, no caso de o valor presente da projeção dos fluxos de caixa futuros serem superiores ao investimento realizado (ou seja, VPL

positivo), o projeto deve ser adotado; caso contrário, o mesmo deve ser recusado pelo investidor (NETO; LIMA, 2011).

O objetivo principal será calcular o valor presente sem flexibilidade em $t = 0$. O Valor Presente Líquido é considerado como ponto de partida para análise de opções reais, em que não é levada em consideração a flexibilidade gerencial na tomada de decisão, e é calculado a partir da fórmula $VPL = -I + \sum_1^n \frac{FC_n}{(1+i)^n}$.

2.5.1 Valor Presente Líquido Expandido

As críticas ao método do VPL fazem alusão ao não tratamento das incertezas. Os autores Copeland e Antikarov (2001), afirmam que o método apresenta falhas em relação às expectativas de fluxos de caixa futuros, além de não dar a devida importância às oportunidades de investimentos. A fórmula de cálculo para o valor presente líquido expandido é apresentada por $VPLA = -I + \sum_1^n \frac{FC_n}{(1+i)^n} + INCERTEZA$.

3 METODOLOGIA

De acordo com Vergara (2005), a pesquisa pode ser classificada de acordo com o procedimento geral que é utilizado. Deste modo, a pesquisa pode ser bibliográfica, descritiva ou experimental. A pesquisa bibliográfica tem como objetivo explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas, podendo esta ser realizada como parte de uma pesquisa descritiva ou experimental, ou de forma independente.

A pesquisa descritiva procura observar, registrar e identificar fenômenos sem manipulá-los. Já a pesquisa experimental tem como instrumento a manipulação de variáveis relacionadas com o objeto de estudo, visando estabelecer relação entre causas e efeitos (CERVO; BERVIAN, 1996).

O presente trabalho foi gerenciado em dois momentos. O primeiro, se caracterizou de forma conceitual baseado em pesquisa bibliográfica, que correspondeu a leitura de artigos e livros sobre investimento, finanças corporativas e mercado financeiro. O segundo, teve caráter experimental, uma vez que se construiu exercício teórico para desenvolvimento de projeto de investimento o qual foi analisado através da metodologia de opções reais.

O projeto de investimento foi desenvolvido fundamentado na obtenção dos dados para cálculo da volatilidade. Estes dados foram obtidos por meio de coleta de informações relacionadas ao histórico do preço das placas solares fotovoltaicas e após esse primeiro momento foi realizado o cálculo da volatilidade do preço dos módulos.

Após o cálculo da volatilidade foi construída a árvore binomial do investimento do projeto. A partir dos dados coletados e o cálculo disponíveis, foi construída uma planilha de fluxo de caixa do investimento sem a flexibilidade.

Inicialmente, a análise da viabilidade econômica foi realizada por meio do valor presente líquido (VPL) e ao final do processo foi efetuada a análise por opções reais, possibilitando a comparação entre os valores dos dois métodos. Para realização da análise foram seguidas as seguintes etapas:

1º. Passo: Obtenção dos dados para cálculo da volatilidade:

Os dados foram obtidos a partir de março de 2009 a julho de 2017, através do site http://pvxchange.com/priceindex/default.aspx?langTang=eng-GB&template_id=1&langTag=de-DE, acessado em 16 de outubro de 2017.

2º. Passo: Cálculo da volatilidade:

A volatilidade foi obtida seguindo os conceitos de Hull (2016, pp.347-348) através dos seguintes procedimentos:

- Cálculo do log retorno do ativo:

$$Retorno = \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right)$$

- Cálculo da volatilidade:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{t=1}^n \frac{(Retorno - média)^2}{n - 1}} \times \sqrt{12}$$

Exemplo:

Tabela 1 - Histórico do preço das placas fotovoltaicas

| Período | Preço (Euros/Wp) | Retorno |
|---------|------------------|--------------|
| Mai/09 | 2,17 | |
| Jun/09 | 1,92 | -0,055710607 |
| Jul/09 | 1,79 | -0,070109566 |
| Ago/09 | 1,74 | -0,028330507 |
| Set/09 | 1,76 | 0,011428696 |
| Out/09 | 1,67 | -0,052490183 |
| Nov/09 | 1,62 | -0,030397477 |
| Dez/09 | 1,55 | -0,044171218 |
| Jan/10 | 1,52 | -0,019544596 |
| Fev/10 | 1,5 | -0,013245227 |
| Mar/10 | 1,52 | 0,013245227 |
| Abr/10 | 1,57 | 0,032365285 |
| Mai/10 | 1,59 | 0,012658397 |
| Jun/10 | 1,62 | 0,018692133 |
| Jul/10 | 1,61 | -0,00619197 |

Fonte: Dados obtidos do site pvXchange.com

- Média mensal: -0,0145781
- Desvio mensal: 0,041437

- Média anual: -0,1749372
- Desvio anual: 0,1435421

3º. Passo: Cálculo do Fluxo de caixa

- Utilizando a média de consumo mensal residencial de 121kWh.

4º. Passo: Cálculo do VPL

5º. Passo: Construção da árvore binomial

6º. Passo: Cálculo do VPL expandido.

A metodologia de cálculo utilizada e a construção do fluxo de caixa, tem como arcabouço teórico a dissertação de mestrado do pesquisador Odair de Souza Cunha Junior. Esta pesquisa parte do estudo da metodologia aplicada em sua dissertação de mestrado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente estudo tem como objetivo intermediário analisar se o investimento em projeto residencial de energia solar deve ser realizado imediatamente ou se é recomendado esperar até que os valores do projeto tenham queda em seu preço. Através da análise das opções de investimento, espera ou adiamento do projeto durante o período de seis anos e tendo como incerteza somente o valor do preço das placas fotovoltaicas é possível verificar que existe uma possibilidade de variação desse valor.

Esse valor tem, tanto a possibilidade de subir 115,43% (fator de subida $up = 1,154355449$ foi resultante do expoente $e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$), quanto a possibilidade de cair 86.63% (momento de descida $down = 0,866284298$ obtido do expoente $e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$) durante os próximos seis anos, baseado na volatilidade histórica dos preços das placas chinesas ($\sigma = 0,143542$).

Os valores da volatilidade, dos fatores de subida e de descida, bem como os do investimento e as probabilidades de aumento e queda são demonstrados a seguir:

Tabela 2 - Média e volatilidade do histórico dos preços

| Mensal | | Anual | |
|--------------|---------------|-----------|---------------|
| Média | Desvio padrão | Média | Desvio padrão |
| -0,014578098 | 0,041437 | -0,174937 | 0,1435421 |

Fonte: O autor

As probabilidades de aumento e queda do preço dos módulos foram calculadas, respectivamente, como $p = 0,46$ (obtido pela fórmula $p = \frac{(1+r)-d}{u-d}$) e $q = 0,54$ (representado por $1 - p$).

Após o término do período de seis anos, caso o preço das placas sofra alteração, novos fluxos de caixa deverão ser calculados ao longo de toda a vida útil de todo o projeto, do mesmo modo que o efetuado para o ano de 2018.

No ato do fechamento e emissão da conta de energia elétrica, caso o consumidor tenha um consumo de energia elétrica menor que 50 kWh/mês, o valor

mínimo da fatura será de 50 kWh/mês para manutenção da rede distribuidora, conforme cartilha produzida pela ANEEL (2008).

Para uma residência que consome em média 121 kWh/mês, o investimento inicial é de R\$ R\$11.365,45, onde estão inclusos os valores dos módulos fotovoltaicos, inversor e outros custos para a implementação do sistema, conforme mostra a tabela a seguir:

Tabela 3 - Custos de implantação de sistema de geração de energia solar

| Item | Preço unitário | Quantidade | Preço total |
|--------------------|----------------|------------|--------------|
| Placa fotovoltaica | R\$921,00 | 5 | R\$4.605,00 |
| Inversor | R\$4.300,00 | 1 | R\$4.300,00 |
| Outros | | 0,28 | R\$2.460,45 |
| Investimento total | | | R\$11.365,45 |

Fonte: Dados obtidos do site da empresa Portal Solar

O fluxo de caixa usado neste trabalho é o Fluxo de Caixa (FCL), que, conforme afirmam Titman e Martin (2010), é representado pela soma das entradas (economias resultantes da geração solar) e das saídas (gastos financeiros e não financeiros) do projeto. Após a elaboração do Fluxo de Caixa Livre, aplica-se uma taxa de desconto anual. Para determinar as receitas do FCL, serão utilizadas as informações de consumo e dos gastos com energia elétrica fornecidas pela distribuidora de energia do estado e replicados os gastos com a energia elétrica após a implementação do projeto de energia solar assim como a economia gerada para o investidor.

Tabela 4 - Fluxo de Caixa do Projeto (continua)

| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|---------------------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Investimento inicial | -11.365,45 | | | | | | | | | | | | |
| Consumo mensal (em kWh) | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 |
| Tarifa | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 |
| Conta energia sem solar | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 |
| Custo mínimo com energia solar | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 |
| Receita | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 |
| Manutenção e custos operacionais | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 |
| Depreciação dos módulos | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 |
| Depreciação do inversor | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 0 | 430 | 430 |
| Total de depreciação | -614,2 | -614,2 | -614,2 | -614,2 | -614,2 | -614,2 | -614,2 | -614,2 | -614,2 | -614,2 | -184,2 | -614,2 | -614,2 |
| Resultado econômico | 1239,4 | 1239,4 | 1239,4 | 1239,4 | 1239,4 | 1239,4 | 1239,4 | 1239,4 | 1239,4 | 1239,4 | 1669,4 | 1239,4 | 1239,4 |
| Retorno da depreciação | 614,2 | 614,2 | 614,2 | 614,2 | 614,2 | 614,2 | 614,2 | 614,2 | 614,2 | 614,2 | 184,2 | 614,2 | 614,2 |
| Fluxo de Caixa | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 |
| Investimento em inversor | | | | | | | | | | | -4300 | | |
| Fluxo de Caixa Livre | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | -2446,4 | 1853,6 | 1853,6 |
| Fluxo de Caixa Livre Descontado | 1732,3 | 1619 | 1513,1 | 1414,1 | 1321,6 | 1235,1 | 1154,3 | 1078,8 | 1008,2 | 942,25 | -1162,3 | 823 | 769,16 |
| INVESTIMENTO INICIAL | -R\$ 11.365,45 | | | | | | | | | | | | |
| VALOR PRESENTE | R\$ 18.587,06 | | | | | | | | | | | | |
| VALOR PRESENTE LÍQUIDO | R\$ 7.221,61 | | | | | | | | | | | | |
| Taxa livre de risco (poupança) | 7% | | | | | | | | | | | | |

Fonte: O autor

Tabela 5 - Fluxo de Caixa do Projeto (continuação)

| | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 |
|---------------------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|--------|--------|
| | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| Investimento inicial | -11.365,45 | | | | | | | | | | | |
| Consumo mensal (em kWh) | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 |
| Tarifa | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 | 0,7171 |
| Conta energia sem solar | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,772 | 86,7715 | 86,772 | 86,772 |
| Custo mínimo com energia solar | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,377 | 34,3765 | 34,377 | 34,377 |
| Receita | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 | 52,395 |
| Manutenção e custos operacionais | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,16 | 1801,2 | 1801,2 | 1801,2 |
| Depreciação dos módulos | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 | 184,2 |
| Depreciação do inversor | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 430 | 0 | 430 | 430 | 430 |
| Total de depreciação | -614,2 | -614,2 | -614,2 | -614,2 | -614,2 | -614,2 | -614,2 | -184,2 | -614,2 | -614,2 | -614,2 | -614,2 |
| Resultado econômico | 1239,4 | 1239,4 | 1239,4 | 1239,4 | 1239,4 | 1239,4 | 1239,4 | 1669,4 | 1239,35 | 1239,4 | 1239,4 | 1239,4 |
| Retorno da depreciação | 614,2 | 614,2 | 614,2 | 614,2 | 614,2 | 614,2 | 614,2 | 184,2 | 614,2 | 614,2 | 614,2 | 614,2 |
| Fluxo de Caixa | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,55 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 |
| Investimento em inversor | | | | | | | | | -4300 | | | |
| Fluxo de Caixa Livre | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 | -2446,45 | 1853,6 | 1853,6 | 1853,6 |
| Fluxo de Caixa Livre Descontado | 718,84 | 671,81 | 627,86 | 586,79 | 548,4 | 512,52 | 478,99 | 447,66 | -552,195 | 391 | 365,42 | 341,52 |
| INVESTIMENTO INICIAL | -R\$ 11.365,45 | | | | | | | | | | | |
| VALOR PRESENTE | R\$ 18.587,06 | | | | | | | | | | | |
| VALOR PRESENTE LÍQUIDO | R\$ 7.221,61 | | | | | | | | | | | |
| Taxa livre de risco (poupança) | 7% | | | | | | | | | | | |

Fonte: O autor

A receita foi calculada através da multiplicação do consumo de energia elétrica em kWh/mês pela tarifa, subtraindo-se o valor mínimo de energia elétrica em kWh/mês que se pagaria utilizando a energia solar que corresponde a 50 kWh. Os gastos com manutenção correspondem a 0,5% do valor do investimento, percentual utilizado por Holdermann *et al* (2013). O total de depreciação dos módulos fotovoltaicos foi diluído em 25 anos, conforme a vida útil das placas e a depreciação dos inversores foi diluída em 10 anos.

Para elaboração da árvore binomial, definiu-se que o valor do projeto na data zero seria de R\$11.365,45 sendo o próximo passo determinar o fator de subida *up* (*u*) e o fator de descida *down* (*d*) conforme as equações A e B demonstram.

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \longrightarrow u = 2,71828184590452^{0,1435421} \longrightarrow u = 1,154355449 \text{ (A)}$$

$$d = \frac{1}{u} \longrightarrow d = \frac{1}{1,154355449} \longrightarrow d = 0,866284298 \text{ (B)}$$

De acordo com os fatores de subida (u) e de descida (d), é possível estimar qual será o valor do investimento ao longo do período. Considera-se tomar a decisão ao longo dos próximos seis anos, conforme mostra a figura a seguir:

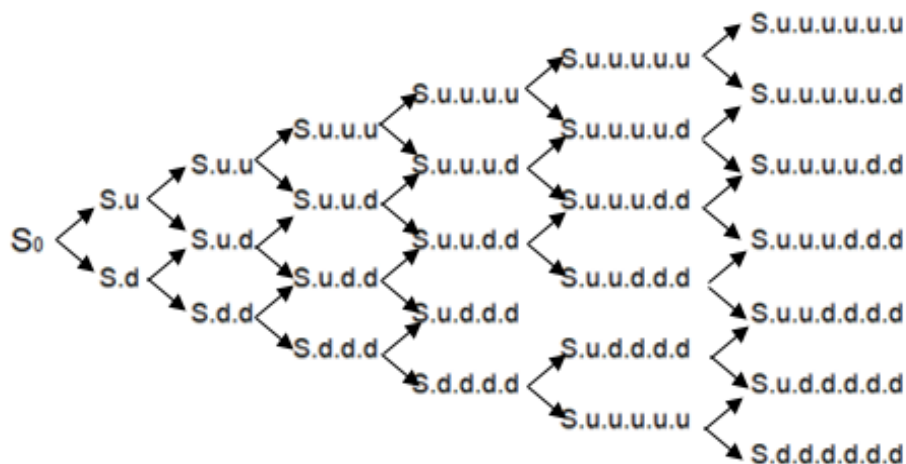


Figura 2 - Modelo de árvore binomial considerando os movimentos durante período de seis anos
Fonte: O autor

A figura abaixo apresenta a árvore binomial com as projeções do investimento pelos próximos seis anos, onde após projetados os cenários para o investimento serão verificados os momentos ótimos em cada nó da árvore bem como o valor que o investidor alcançará em cada decisão ótima.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | | 26.892,06 |
| | | | | | 23.296,17 | |
| | | | | 20.181,10 | | 20.181,10 |
| | | | 17.482,57 | | 17.482,57 | |
| | | 15.144,88 | | 15.144,88 | | 15.144,88 |
| | 13.119,77 | | 13.119,77 | | 13.119,77 | |
| 11.365,45 | | 11.365,45 | | 11.365,45 | | 11.365,45 |
| | 9.845,71 | | 9.845,71 | | 9.845,71 | |
| | | 8.529,19 | | 8.529,19 | | 8.529,19 |
| | | | 7.388,70 | | 7.388,70 | |
| | | | | 6.400,71 | | 6.400,71 |
| | | | | | 5.544,84 | |
| | | | | | | 4.803,41 |

Figura 3 - Árvore binomial do investimento
Fonte: O autor

Na figura a seguir são apresentados, em cada nó da árvore, os valores obtidos ao investir no projeto naquele ano, através da diferença entre o Valor Presente (que permanecerá constante ao longo dos anos) e o investimento realizado naquele momento, onde os campos em vermelho representam a decisão de não investir pois apresentaram um VPL negativo, sendo o resultado final zero, conforme mostra a figura 4.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | 0 |
| | | | | | | 0 | |
| | | | | R\$ 1.104,49 | | R\$ 1.104,49 | 0 |
| | | | R\$ 3.442,18 | | R\$ 3.442,18 | | R\$ 3.442,18 |
| | | R\$ 5.467,29 | | R\$ 5.467,29 | | R\$ 5.467,29 | |
| | R\$ 7.221,61 | | R\$ 7.221,61 | | R\$ 7.221,61 | | R\$ 7.221,61 |
| | | R\$ 8.741,35 | | R\$ 8.741,35 | | R\$ 8.741,35 | |
| | | | R\$ 10.057,88 | | R\$ 10.057,88 | | R\$ 10.057,88 |
| | | | | R\$ 11.198,36 | | R\$ 11.198,36 | |
| | | | | | R\$ 12.186,35 | | R\$ 12.186,35 |
| | | | | | | R\$ 13.042,22 | |
| | | | | | | | R\$ 13.783,66 |

Figura 4 - Árvore binomial do Valor Presente Líquido esperado
Fonte: O autor

Observa-se que caso não invista no tempo zero e resolva investir no tempo um, se os preços das placas subirem, o VPL será de R\$ 5.467,29, caso o preço das placas caia, o valor do VPL será de R\$ 8.741,35.

Na etapa de elaboração da opção de espera, ou seja, esperar para investir somente no sexto ano, os valores ótimos obtidos em cada nó do ano 6 da árvore do

VPL são trazidos a valor presente para o nó que o antecede, fazendo uso da taxa livre de risco e analisando-os por meio das probabilidades p ou q de ocorrência, por meio da fórmula $C_s = \frac{(p \times up) + (q \times down)}{1+r}$ conforme mostrado na figura 5, para estipular o valor da espera em cada nó sexto ano.

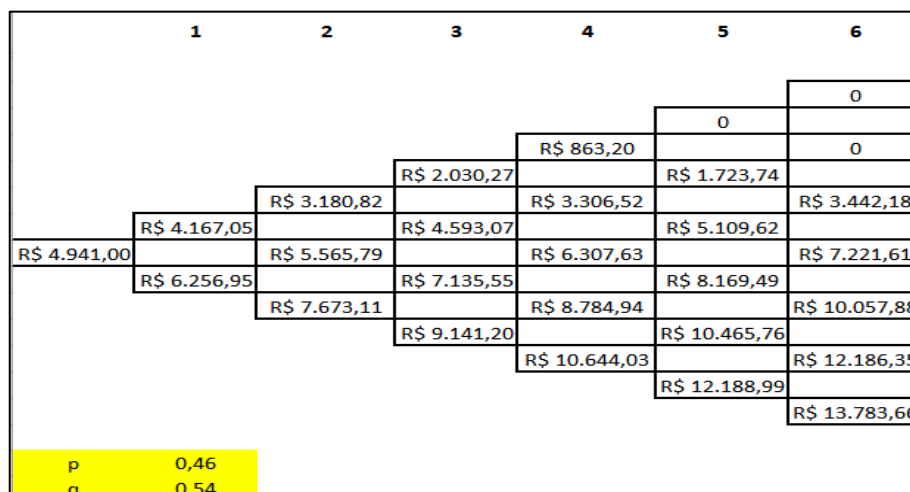


Figura 5 - Árvore da opção de espera do projeto
Fonte: O autor

Ao comparar, a decisão de investir com a decisão de esperar para realizar o investimento, ou seja, no primeiro ano o valor de investir, caso o preço das placas caia, é de R\$ 8.741,35 e o valor da opção de esperar para investir somente no sexto ano será de R\$ 6.256,95. Portanto, a decisão ótima, mais valiosa, é de investir no tempo um e não esperar. A árvore de decisão está demonstrada abaixo:

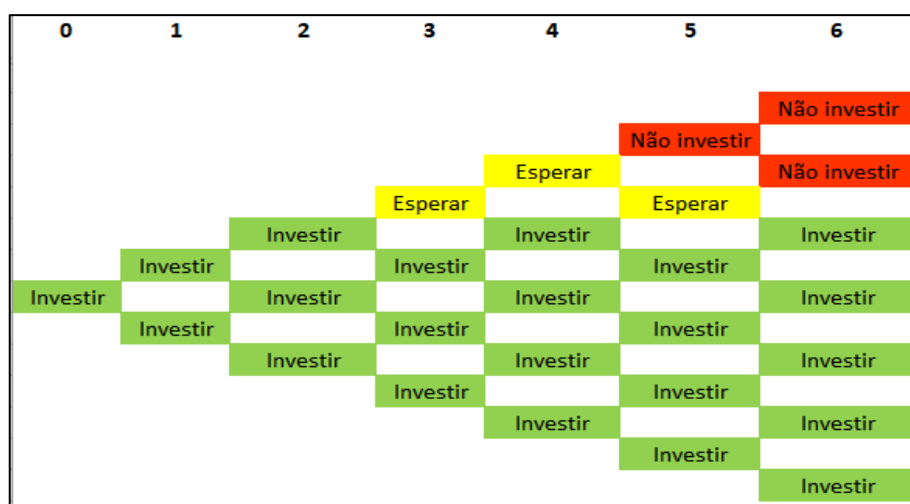


Figura 6 - Árvore do valor da opção
Fonte: O autor

A irreversibilidade do investimento e a incerteza sobre o futuro criam uma opção de investir no futuro e a decisão de investir agora, esperar ou não investir depende da

comparação entre o valor da opção de investir e o valor presente líquido do projeto. A figura 6 indica os momentos com as melhores opções. O momento ótimo de um investimento é sempre o que gera maior valor, porém na figura é possível identificar que valerá a pena investir sob qualquer variação dos preços das placas nos próximos dois anos, porém, caso o preço das placas esteja subindo, a partir do segundo ano, a opção de esperar é a mais valiosa.

A partir do 5º ano, caso o preço das placas continue a subir não valerá mais a pena investir no projeto. A opção de espera para investir somente no sexto ano será melhor sempre que o valor da espera for superior ao valor obtido do investimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em meio a necessidade de se combater o aquecimento global e com as limitações impostas pelas fontes convencionais de energia as fontes de energia renováveis têm sido foco de pesquisas e incentivos. Embora os níveis anuais de irradiação solar registrados no Brasil apresentem índices altos, a energia solar fotovoltaica apresenta uma participação reduzida em se tratando da matriz energética brasileira. Em face disso, a ANEEL tem buscado reduzir as barreiras regulatórias existentes visando incentivar a expansão desse tipo de geração através da introdução do sistema de compensação de energia elétrica no Brasil, regulamentado pela Resolução nº. 482, de 17 de abril de 2012.

O presente estudo buscou analisar a viabilidade econômica do investimento em energia solar fotovoltaica microdistribuída por meio de definição de parâmetros sobre a incerteza do preço das placas fotovoltaicas quanto ao custo de implantação do projeto, bem como o momento ótimo para investir no projeto, com a utilização da Teoria de Opções Reais.

A irreversibilidade do investimento e a incerteza sobre o futuro criam uma opção de investir no futuro e a decisão de investir agora ou esperar depende da comparação entre o valor da opção de investir e o valor presente líquido do projeto. Para responder a esse problema de pesquisa, somente a metodologia tradicional de análise de investimentos não é eficaz uma vez que não incorpora as flexibilidades existentes no projeto.

As análises foram baseadas no fluxo de caixa considerado durante toda a vida útil dos módulos solares fotovoltaicas e o valor do projeto foi calculado ponderando que o investidor poderia executá-lo imediatamente ou ter a opção de espera durante o período de seis anos para optar por um momento melhor apropriado.

Os métodos tradicionais de avaliação de investimento como o Valor Presente Líquido e o método de Opções Reais foram utilizados para essa avaliação. A partir das análises, é possível identificar que valerá a pena investir sob qualquer variação dos preços das placas nos próximos dois anos, porém, caso o preço das placas esteja subindo, a partir do segundo ano, a opção de esperar é a mais valiosa.

6 REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Atlas da Energia Elétrica do Brasil**. Brasília – DF, 2005. 2. ed. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>>. Acesso em 02 set. 2017.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Por dentro da conta de luz: Informação de utilidade pública**. Brasília, 2008. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/cartilha_por_dentro_da_conta_de_energia%282011%29.pdf/b2445d79-ef9d-417f-ba56-fcbf628c5aae?version=1.0>. Acesso em: 09 set. 2017.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Resolução Normativa Nº 482**. 2012. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2017.

ALVES, C. B. A. 2014. **Net metering**: definição de metodologia e estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores). Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. 2014.

AMRAM, M., KULATILAKA, N. **Real Options**: Managing Strategic Investment in an Uncertain World, 1. ed. Boston: Harvard Business School Press, 1999.

Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE). **Microgeração fotovoltaica no Brasil**: Viabilidade Econômica. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/mifoto.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2017.

BRASIL, H. G., FREITAS, J. M., DE, MARTINS, V. I. O., GONÇALVES, D. S., RIBEIRO, E. **Opções Reais**: Conceitos e Aplicações a Empresas e Negócios. São Paulo: Saraiva, 2007.

CAMPOCCIA, A.; DUSONCHET, L.; TELARETTI, E.; ZIZZO, G. **Comparative analysis of different supporting measures for the production of electrical energy by solar PV and Wind systems**: Four representative European cases. Solar Energy 83, p. 287-297. 2009.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. São Paulo: Makron Books, 1996.

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Real options: A practitioner's Guide**. Texere, New York: v. 368, 2001.

DIXIT, A.; PINDYCK, R. S. **The options approach to capital investment**. In: SCHWARTZ, E. S.; TRIGEORGIS, L. (Ed.) *Real Options and investment under uncertainty: classical readings and recent contributions*. Cambridge: The MIT Press. P. 61-78, 2001.

ESPOSITO, A. S.; FUCHS, P. G. **Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil**. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, n. 40, p. 85-113, dez., 2013.

GONÇALVES, C. 2008. **Gestão de investimentos em projetos de construção civil considerando Opções Reais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, MG. 2008.

HOLDERMANN, C.; KISSEL, J.; BEIGEL, J. **Distributed photovoltaic generation in Brazil: an economic viability analysis of small-scale photovoltaic systems in the residential**. 2013.

HULL, J. C. **Opções, Futuros e Outros Derivativos**. 3. ed. São Paulo: BM&F, 1998.

HULL, J. C. **Opções, Futuros e Outros Derivativos**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

HULL, J. **Fundamentos dos Mercados Futuros e de Opções**. São Paulo: BM&F, 2005.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). **Petróleo: da crise aos carros flex**. Brasília – DF, 2010. 59. ed. Disponível em: <http://desafios.ipea.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2321:catc=28&Itemid=23>. Acesso em: 03 set. 2017.

JUNIOR, O. S. C. **Avaliação de Viabilidade de Microgeração de Energia Solar Fotovoltaica na Cidade do Rio de Janeiro com Emprego de Opções Reais**. 2016.

97 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade do Grande Rio, Rio de Janeiro, 2016.

MONTEIRO, R. C. 2003. **Contribuições da abordagem de avaliação de Opções Reais em ambientes econômicos de grande volatilidade – uma ênfase no cenário latinoamericano**, Dissertação (Mestrado em Contabilidade) - Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2003.

NETO, A. A.; LIMA, F. G. **Curso de Administração financeira**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

Portal Solar. **Simulador solar**. 2017. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>>. Acesso em: 19 out. 2017.

pvXchange Trading GmbH. **Price index**. 2017. Disponível em: <<http://pvxchange.com/priceindex/default.aspx?langTag=en-GB>>. Acesso em: 16 out. 2017.

REIS, L. B. **Geração de Energia Elétrica**. 2. ed. Barueri: Manole, 2011.

RUTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial de geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligadas a rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis, SC: Labsolar, 2004.

SAITO, M. B.; JÚNIOR, J. L. T.; OLIVEIRA, M. R. G. **Inovação tecnológica e a flexibilidade gerencial: uma aplicação da teoria das opções reais**. Revista de Economia Mackenzie, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 53-77. 2011.

SANTOS, I. P. **Desenvolvimento de Ferramenta de Apoio à Decisão em Projetos de Integração Solar Fotovoltaica à Arquitetura**. 2013. 278 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2013.

SAURIN, V. **Aspectos básicos do modelo de avaliação de opções reais**. RCA – Revista da Ciência da Administração, Florianópolis, v. 4, n. 6, p. 61-68, jan./jun. 2002.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: <www.senado.leg.br/estudos>. Acesso em 02 set. 2017.

SOUZA, A.; GUERRA, J. C. C. **Sustentabilidade e Economia Usando Energia Solar**: Aquecimento da Piscina da UTFPR. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. *Anais eletrônicos...* Curitiba: UTFPR, 2007. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_TR650480_9409.pdf>. Acesso em: 03 set. 2017.

TITMAN, S.; MARTIN, J. D. **Avaliação de Projetos e Investimentos**: Valuation. Tradução de Heloisa Fontoura. Porto Alegre: Bookman, 2010.

TOLMASQUIM, M. T. **Energia Renovável Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

TORRES, R. C. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. 2012. 164 f. Dissertação (Mestrado em Térmica e Fluidos) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2005.