

**WAGNER ROSA**

**UTILIZAÇÃO DO MÉTODO MONTE CARLO PARA  
ANÁLISE DA PROBABILIDADE DE SUCESSO EM  
UM EMPREENDIMENTO DE TRANSMISSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso MBA em Executivo em Administração: Setor Elétrico de Pós-Graduação *lato sensu*, Nível de Especialização, do Programa FGV Management como pré-requisito para a obtenção do título de Especialista em Administração: Setor Elétrico.

**Orientador: Andriei José Beber, Dr.**

**CURITIBA – PR  
2019**

WAGNER ROSA

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO MONTE CARLO PARA ANÁLISE DA  
PROBABILIDADE DE SUCESSO EM UM EMPREENDIMENTO DE  
TRANSMISSÃO

Andriei José Beber, Dr.

Orientador

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso MBA em  
Executivo em Administração: Setor  
Elétrico de Pós-Graduação *lato sensu*,  
Nível de Especialização, do Programa  
FGV Management como pré-requisito  
para a obtenção do título de  
Especialista em Administração: Setor  
Elétrico.

Curitiba – PR  
2019

---

## O Trabalho de Conclusão de Curso

### UTILIZAÇÃO DO MÉTODO MONTE CARLO PARA ANÁLISE DA PROBABILIDADE DE SUCESSO EM UM EMPREENDIMENTO DE TRANSMISSÃO

elaborado por Wagner Rosa e aprovado pela Coordenação Acadêmica foi aceito como pré-requisito para a obtenção de certificação no Curso de Pós-Graduação *lato sensu*, Nível de Especialização, do Programa FGV Management, MBA em Executivo em Administração: Setor Elétrico.

Data da aprovação: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

---

Coordenador Acadêmico  
Prof. Fabiano Simões Coelho, Ph.D.

---

Professor orientador  
Prof. Andriei José Beber, Dr.

---

## TERMO DE COMPROMISSO

O aluno Wagner Rosa, abaixo-assinado, do Curso em Administração: Setor Elétrico do Programa FGV Management, realizado nas dependências da instituição conveniada ISAE-FGV, no período de Novembro de 2017 a Junho de 2019, declara que o conteúdo do trabalho de conclusão de curso intitulado: Utilização do Método Monte Carlo para a análise da probabilidade de sucesso em um empreendimento de transmissão, é autêntico, original, e de sua autoria exclusiva.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Wagner Rosa

---

# Sumário

---

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
2.1	TRANSMISSÃO DE ENERGIA NO BRASIL.....	8
2.1.1	CARACTERÍSTICAS DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO.....	8
2.1.2	INSTALAÇÕES DA TRANSMISSÃO.....	9
2.1.3	PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO.....	10
2.1.4	REGIMES DE OUTORGA DE TRANSMISSÃO.....	11
2.1.5	SITUAÇÃO DAS OBRAS DE TRANSMISSÃO NO BRASIL.....	12
2.2	RISCO, INCERTEZA E TOMADA DE DECISÃO.....	14
2.2.1	RISCO, INCERTEZA E PROBABILIDADES.....	14
2.2.2	GERENCIAMENTO DE RISCO E FATORES DE SUCESSO.....	15
2.2.3	TOMADA DE DECISÃO.....	16
2.2.4	MÉTODO MONTE CARLO.....	17
2.3	ANÁLISE DE PROJETOS E INVESTIMENTOS.....	19
2.3.1	TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE.....	19
2.3.2	VALOR PRESENTE LÍQUIDO.....	20
2.3.3	FLUXO DE CAIXA.....	21
<b>3</b>	<b>APLICAÇÃO DO MÉTODO MONTE CARLO .....</b>	<b>22</b>
3.1	DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS RELEVANTES.....	22
3.1.1	VARIAÇÃO DO CAPEX.....	22
3.1.2	VARIAÇÃO DO OPEX.....	23
3.1.3	ATRASOS DE OBRAS.....	23
3.2	DEFINIÇÃO DAS MEDIDAS DE EFICÁCIA.....	23
3.3	ESTUDO DE CASO.....	24
3.3.1	MODELAGEM DAS VARIÁVEIS DE ENTRADA.....	24
3.3.2	MODELAGEM DO SISTEMA.....	30
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>39</b>

---

## RESUMO

O segmento de transmissão no Brasil vem sendo marcado pela concorrência de novos ativos nos leilões da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), principalmente com a recente investida de empresas estrangeiras nesse mercado. Em contraste a esse aumento da concorrência, que a rigor faz os deságios dos leilões aumentarem, temos todo um histórico de variáveis que elevam os riscos do segmento aos empreendedores. O desafio nesse cenário competitivo e de risco é definir um valor do lance no leilão que seja competitivo e, ao mesmo tempo, leve em consideração esse cenário de incertezas. Isto posto, esse trabalho se propõe a ser uma ferramenta auxiliar para tomada de decisão.

**Palavras-chave:** Leilões de transmissão; Tomada de decisão em situações de risco; Método Monte Carlo.

---

# 1 INTRODUÇÃO

O atual cenário nos leilões de transmissão, principalmente pela recente entrada de investidores estrangeiros nesse segmento, exige que as empresas sejam cada vez mais competitivas, tendendo a aumentar os deságios dos leilões. Todavia, essa competição contrasta com os riscos e incertezas que os empreendimentos de transmissão apresentam, dessa forma é necessário que o empreendedor seja capaz de tomar a decisão adequada em relação à participação ou não em um certame; bem como deve ser capaz de estipular um valor de lance que remunere tanto os investimentos quanto os riscos inerentes a esse tipo de atividade.

No sentido de auxiliar na tomada de decisão esse trabalho foi desenvolvido modelando o sistema com base em características reais dos contratos de concessão, bem como as variáveis de entrada foram definidas e modeladas com apoio de profissionais experientes do segmento de transmissão.

Para a modelagem, foram adotadas algumas simplificações como, por exemplo, a consideração de que a Variação da data de entrega do empreendimento e a Variação do CAPEX são totalmente independentes, não exercendo assim, nenhuma influência uma sobre a outra; além disso, foram desconsideradas as revisões tarifárias que ocorrem periodicamente nos ativos de transmissão.

Este trabalho propõe-se a utilizar o Método de Monte Carlo para a análise da probabilidade de sucesso de um empreendimento de transmissão, sendo dessa forma uma ferramenta auxiliar para o processo decisório no que se refere aos empreendimentos de transmissão.

---

---

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 TRANSMISSÃO DE ENERGIA NO BRASIL

A expansão do setor elétrico destaca-se por possuir uma forte correlação com o crescimento de um país, sendo inclusive um indicador desse crescimento, uma vez que o crescimento econômico demanda energia adicional. Dentre os segmentos do setor elétrico, a transmissão é de suma importância para que o sistema opere de forma adequada, pois viabiliza a operação otimizada e a segurança do suprimento, além da evidente ligação entre geração e consumo.

#### 2.1.1 CARACTERÍSTICAS DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

O Brasil é um país com dimensões continentais e com uma população superior aos 208 milhões de habitantes, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), estando assim entre as nações mais populosas do mundo. Segundo dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2018, produzido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o país conta com mais de 82,46 milhões de unidades consumidoras, destas, pouco mais de 85% é residencial (EPE, 2018a).

As dimensões geográficas do Brasil e as características de cada um dos subsistemas que compõe o Sistema Interligado Nacional (SIN) determinaram as principais características que os sistemas de geração, transmissão e distribuição adquiriram com o passar dos anos, sendo importante ressaltar que as conexões desses subsistemas, por meio da malha de transmissão, propiciam a transferência de energia entre eles, de modo a aproveitar a complementariedade hídrica entre os diferentes subsistemas e bacias hidrográficas. Essa integração aumenta a confiabilidade do SIN, bem como permite maior eficiência na busca da economicidade tarifária.

Além dessa gigantesca malha de transmissão que abrange a maior parte do território brasileiro, existem diversos sistemas menores que não estão conectados ao SIN, sendo por isso conhecidos como Sistemas Isolados, os quais somam 233 atualmente, a maior parte na região Norte do Brasil, como a capital Boa Vista a única que ainda é atendida por um sistema

---

isolado, segundo dados do Operador Nacional do Sistema (ONS, 2018a). Como o consumo de energia elétrica nessas localidades é baixo, menos de 1% da carga total do país, a demanda segue sendo suprida, principalmente, por térmicas a óleo diesel (ONS, 2019a).

Apesar das mudanças significativas que a geração de energia elétrica tem sofrido nos últimos anos com a entrada de fontes como eólica e solar, segundo dados do Balanço Energético Nacional 2018<sup>1</sup>, as fontes hídricas ainda correspondem a 65,2% da oferta interna (EPE, 2018b).

Uma característica importante do SIN é a distância geográfica entre os potenciais de geração e os centros consumidores, fato esse que pode ser representado pela expansão da geração em direção à região Norte que, segundo o BEN 2018, tem o maior potencial hídrico; além de ser aquela que apresenta o menor percentual de aproveitamento do potencial entre todas as regiões. Como consequência dessa expansão, fez-se necessária a construção de gigantescas linhas de transmissão de energia que interligam essa região aos centros consumidores da região Sudeste.

Outro exemplo de distância entre fonte e centros consumidores são os parques eólicos e solares que vêm sendo construídos, especialmente no Nordeste brasileiro, que exigem a implantação de linhas de transmissão de energia com capacidade para escoar parte da produção para estados como São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

### 2.1.2 INSTALAÇÕES DA TRANSMISSÃO

Segundo o ONS (2019c), as instalações de transmissão são

[...] aquelas pertencentes às empresas que receberam outorga da União para prestar o serviço público de transmissão de energia elétrica. São classificadas pela regulamentação como instalações integrantes da Rede Básica, Demais Instalações de Transmissão (DIT) e instalações de Interligação Internacional.

A resolução Normativa nº 67, de 8 de julho de 2004 (ANEEL, 2004) estabelece as definições de Rede Básica e das Demais Instalações de Transmissão (DIT). Segundo essa resolução, as instalações de Rede Básica são:

---

<sup>1</sup> Doravante: BEN 2018.

- linhas de transmissão, barramentos, transformadores de potência e equipamentos de subestação em tensão igual ou superior a 230 kV;
- transformadores de potência com tensão primária igual ou superior a 230 kV e tensões secundária e terciária inferiores a 230 kV, bem como as respectivas conexões e demais equipamentos ligados ao terciário, a partir de 1º de julho de 2004.

Ainda segundo essa resolução, são classificadas como Demais Instalações de Transmissão (DIT) aquelas que não fazem parte da rede básica e que atendam aos seguintes critérios:

- linhas de transmissão, barramentos, transformadores de potência e equipamentos de subestação, em qualquer tensão, quando de uso de centrais geradoras, em caráter exclusivo ou compartilhado, ou de consumidores livres, em caráter exclusivo;
- interligações internacionais e equipamentos associados, em qualquer tensão, quando de uso exclusivo para importação e/ou exportação de energia elétrica;
- linhas de transmissão, barramentos, transformadores de potência e equipamentos de subestação, em tensão inferior a 230 kV, localizados ou não em subestações integrantes da Rede Básica.

Depois de definidos os conceitos de transmissão e das instalações da transmissão podemos avançar nesse estudo.

### 2.1.3 PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO

Cabe ao Ministério de Minas e Energia (MME) consolidar os programas de outorgas elaborados com base em estudos técnicos elaborados pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) e pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

A responsabilidade de realizar os estudos para o desenvolvimento dos planos de expansão da transmissão de energia elétrica é da EPE, esses estudos culminam na elaboração dos documentos Programa de Expansão da Transmissão (PET) e Plano de Expansão de Longo Prazo (PELP). O PET é um programa determinativo que engloba um horizonte de seis anos e dele constam as instalações de transmissão a serem licitadas ou autorizadas; são essas instalações que a EPE recomenda que entrem em operação nos próximos seis anos.

---

Assim, a finalidade fundamental do PET é dar subsídios ao MME para a priorização das instalações de transmissão que farão parte dos futuros leilões de transmissão. Já o PELP é um documento de caráter indicativo que apresenta as instalações recomendadas para entrar em operação a partir do sétimo ano.

O objetivo desses estudos conduzidos pela EPE é prover a expansão necessária ao atendimento da demanda solicitada pelo sistema, bem como a conexão das novas usinas nas interligações regionais e internacionais.

Deve-se levar em conta que o planejamento da transmissão é realizado levando-se em conta o critério de confiabilidade N-1, ou seja, é considerada a perda de um dos elementos de transmissão, sendo também testadas em algumas situações contingências duplas N-2.

Além dos estudos e do planejamento realizados pela EPE, também existe um Planejamento de Ampliações e Reforços (PAR), elaborado anualmente pelo ONS, que tem um horizonte de cinco anos e visa apresentar as ampliações e os reforços nas instalações de transmissão do SIN, necessários para preservar ou atingir o adequado desempenho da rede, garantir o funcionamento pleno do mercado de energia elétrica e possibilitar o livre acesso aos agentes (ONS, 2019b).

## 2.1.4 REGIMES DE OUTORGA DE TRANSMISSÃO

### 2.1.4.1 Leilões

Antes de um ativo fazer parte de um leilão de transmissão, ele é objeto de estudos e acaba figurando no Programa de Expansão da Transmissão (PET), de responsabilidade da EPE. Este documento determina as linhas e subestações necessárias para que o sistema de transmissão de energia possa manter suas funções (ALVES, 2017). Depois da consolidação do programa de expansão pelo MME, cabe a ANNEL dar prosseguimento ao certame.

Segundo Tolmasquim (2015), a entidade responsável por organizar os leilões para a expansão da transmissão é a ANEEL, sendo também responsabilidade dessa agência organizar em lotes as instalações a serem licitadas e definir os prazos e remunerações para cada lote. Segundo a ANEEL (2015), a remuneração que as transmissoras recebem pela prestação do serviço público de transmissão aos usuários é conhecida como Receita Anual

---

Permitida (RAP). O proponente vencedor é aquele que ofertar a menor RAP para um determinado lote (TOLMASQUIM, 2015).

Os editais dos leilões são elaborados de forma a permitir que empresas públicas e privadas, nacionais e estrangeiras possam concorrer isoladamente ou em consórcio, a participação depende da comprovação da experiência na área de transmissão e da apresentação das devidas garantias (ALVES, 2017).

O leilão de transmissão ocorre na BM&FBovespa, na cidade de São Paulo, em sessão pública. Os proponentes entregam suas propostas em envelope lacrado, onde é declarada como vencedora de cada lote, a proponente que se propor a construir, operar e manter o ativo pela menor Receita Anual Permitida, para o período da concessão, desde que a diferença entre a menor proposta e as demais seja superior a 5%. Caso contrário, o leilão do lote prossegue com lances decrescentes em viva-voz até que não haja mais propostas (ALVES, 2017).

#### 2.1.4.2 Autorizações

Segundo o ONS (2019c), para que possa ocorrer a autorização de uma nova instalação de transmissão, o empreendimento deve obrigatoriamente fazer parte do Planejamento de Ampliações e Reforços/Programa de Expansão da Transmissão (PAR/PET) consolidado.

O PAR é responsabilidade do ONS, porém a emissão das resoluções autorizativas, documentos que formalizam o comando para que as empresas de transmissão viabilizem a implantação das respectivas instalações, é da ANEEL, bem como os valores autorizados para as obras, estes calculados com base nos valores estimados pelas empresas para a realização das obras e nos custos de referência considerados pela agência (ONS, 2019c).

A base legal para as autorizações é encontrada no Decreto nº 2.655/1998, que define em seu parágrafo 1º, do artigo 6º que: “Os reforços das instalações existentes serão de Responsabilidade da concessionária, mediante autorização da ANEEL”.

#### 2.1.5 SITUAÇÃO DAS OBRAS DE TRANSMISSÃO NO BRASIL

---

As obras de transmissão são compostas por obras de subestações, tais como implementações, ampliações, reforços e melhorias, e por obras de linhas de transmissão – recapacitações e construções. A organização em lotes das obras consolidadas pelo MME é prerrogativa da ANEEL, sendo que linhas de transmissão e subestações podem ser leiloadas no mesmo lote, ou em separado.

No do site da própria ANEEL, especialmente nos Painéis de Expansão da Transmissão (ANEEL, 2019), é possível encontrar dados referentes ao acompanhamento dos empreendimentos de transmissão, podendo-se visualizar a situação dos empreendimentos em andamento no país, a situação dos concluídos e até mesmo verificar a situação dos empreendimentos de cada um dos grupos transmissores isoladamente.

Consultando os Painéis de Expansão da Transmissão (2019) no que se refere às obras atualmente em andamento chegamos aos números apresentados na Tabela 1. Porém, é importante ressaltar que fazem parte desse banco de dados tanto obras leiloadas quanto obras autorizadas.

Tabela 1 – Obras atualmente em andamento

Status do empreendimento	Quantidade de empreendimentos	Atraso médio (dias)
<b>Atrasado</b>	143	1283
<b>Adiantado</b>	90	-357
<b>Normal</b>	138	0
<b>Não informado*</b>	45	0
<b>Total</b>	<b>416</b>	<b>364</b>

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados da ANEEL, 2019.

A partir desses números verificamos que, das 416 obras de transmissão em andamento no país, 34,38% encontram-se atrasadas, além dessas obras que já estão em atraso, existem outras 45 que não tiveram seus cronogramas atualizados pelas transmissoras responsáveis.

Ao verificar o registro de todas as obras concluídas nesse banco de dados, o percentual de atrasos é ainda maior, 670 das 956 obras foram entregues com atraso, chegando assim a 70,11% de obras atrasadas.

Além da quantidade de obras atrasadas, deve-se observar a média de atraso em dias que para as obras em andamento encontra-se em 364, enquanto para as obras já concluídas

---

têm-se uma média de atraso de 505 dias. Esses atrasos causam prejuízos tanto às transmissoras quanto ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

## **2.2 RISCO, INCERTEZA E TOMADA DE DECISÃO**

Este tópico tem a intenção de ligar o estudo a respeito dos empreendimentos de transmissão aos conceitos de decisões financeiras. Para isso, inicialmente é necessário definir riscos e tomada de decisão, numa segunda etapa é necessário apresentar ferramentas para o gerenciamento de riscos, tais como fatores críticos de sucesso e o método Monte Carlo, utilizado para a análise do impacto dos riscos sobre a performance do investimento.

### **2.2.1 RISCO, INCERTEZA E PROBABILIDADES**

O risco é inerente a qualquer atividade na vida pessoal, profissional ou nas organizações, e pode envolver perdas, bem como oportunidades, costumando-se entender risco como possibilidade de um evento não se realizar, sendo que o conceito atualmente aceito envolve a quantificação e qualificação da incerteza (IBGC, 2007).

Rodrigues (2008) entende o risco como a possibilidade de evento sobre o qual o gestor das decisões tem base probabilística para inferir, de forma prospectiva, um determinado comportamento, sendo capaz de tomar decisões valendo-se em um conjunto de percepções históricas, a fim de mitigar perdas ou trazer vantagens competitivas.

Ainda segundo o autor, a incerteza pode ser entendida como a possibilidade de evento sobre o qual o gestor das decisões não dispõe de informações para inferir de forma prospectiva o curso das chances, o que favorece a tomada de decisões segundo informações de base subjetiva ou percepções pessoais (RODRIGUES, 2008).

Dos conceitos apresentados podemos entender que o risco está relacionado a um futuro evento ao qual é admissível vincular uma probabilidade de ocorrência, enquanto o conceito de incerteza está relacionado a um futuro evento ao qual não conseguimos vincular uma probabilidade de ocorrência. Dessa forma é fundamental que se obtenha o maior número possível de informações de forma a minimizar os riscos assumidos numa operação.

---

Segundo o IBCG (2007), empreender significa ir ao encontro de um retorno econômico-financeiro compatível ao risco associado à atividade. Na concepção de Solomon e Pringle (1981) risco pode ser entendido como o grau de incerteza a respeito de um determinado evento. Já o grau de incerteza, segundo Securato (1999), é um conceito relativo cujo ao qual podemos estabelecer uma correspondente probabilidade de ocorrência do evento, sendo que as condições de incerteza podem ser atenuadas através da utilização das probabilidades dos eventos em questão, sendo a forma mais corriqueira a obtenção da distribuição das probabilidades, sua média e desvio.

Ou seja, riscos e incertezas são inerentes a qualquer atividade de negócios, logo, é necessário que se tome consciência deles de forma a poder administrá-los, visando a atingir os objetivos e metas preestabelecidos.

## 2.2.2 GERENCIAMENTO DE RISCO E FATORES DE SUCESSO

Se toda a atividade empresarial incorre em riscos, cabe aos gestores das empresas trabalharem com o objetivo de gerenciá-los de modo a assumir riscos calculados, diminuindo as incertezas relacionadas as suas atividades e conseqüentemente reduzindo a volatilidade dos resultados, considerando que a eficácia da gestão dos riscos afeta os objetivos estratégicos e, podendo, inclusive, afetar a longevidade da empresa.

Segundo o IBCG (2017), o gerenciamento de riscos corporativos está intrinsecamente ligado ao planejamento estratégico de negócios e deve ser composto por processos estruturados e contínuos, cuja função primeiramente é identificar e depois responder aos riscos que possam afetar os objetivos corporativos. Assim, através desses processos, torna-se possível mapear oportunidades de ganhos e reduzir a probabilidade e o impacto de perdas.

Ainda segundo o IBCG (2017), o processo de gerenciamento de riscos pode ser dividido nas seguintes etapas:

- Identificação e classificação dos riscos: pode ser em função da natureza, origem e conforme características próprias da empresa, sendo a matriz de riscos uma das ferramentas utilizadas para identificar e classificar os riscos;
-

- Avaliação: busca atribuir o correto grau de exposição da companhia ao risco, levando-se em conta o impacto do evento e a probabilidade de ocorrência;
- Mensuração: quantificação das estimativas de perdas;
- Tratamento dado aos riscos: nessa etapa a empresa decide evitar ou aceitar o risco. A opção por aceitá-los leva a algumas alternativas, tais como reter, reduzir, compartilhar ou explorar o risco;
- Monitoramento: refere-se ao acompanhamento constante, pelas partes interessadas, da eficácia e adequação do processo de gerenciamento de risco;
- Comunicação dos riscos: Contribui para que todo o ambiente da empresa reflita os valores e a cultura de riscos desejada pela organização.

Se por um lado, todo empreendimento contém riscos, por outro existem também os fatores críticos de sucesso, esses que Milosevic e Patanakul (2005) definem, de maneira geral, como as características que se devidamente gerenciadas têm impacto direto no sucesso do projeto.

A definição de quais, entre todos os riscos que envolvem um projeto, devem ser considerados como críticos pode acontecer de algumas maneiras. Um dos primeiros a trabalhar um método para a definição dos fatores críticos de sucesso foi Rockart (1979), na ocasião ele entrevistou executivos para definir um número limitado de fatores que podem levar a organização a ter desempenho competitivo.

### 2.2.3 TOMADA DE DECISÃO

Para Certo (2005) a tomada de decisão é o processo de se escolher a melhor alternativa, entre as disponíveis, ou seja, escolher aquele que trará melhores resultados à organização. Segundo Securato (1999), as etapas desse processo podem ser resumidas da seguinte forma:

- a) Objetivo: o objetivo da decisão a ser tomada deve estar claramente definido, em geral os objetivos finais são a maximização do lucro e a redução dos custos;
-

b) Variável objetivo: para cada objetivo determinado deve existir uma variável quantitativa que indique o nível de performance do objeto. A variável objetivo deve estar interligada um processo de medição e acompanhamento, tendo uma escala de valores que possa se permitir comparações;

c) As alternativas: é necessário listar todas as alternativas que possibilitem seu atingimento, é necessário ainda obter todas as informações acerca de cada opção, bem como elaborar a previsão de valor da variável objetivo para cada alternativa.

Decidir é basicamente optar por uma das alternativas disponíveis, sendo que cada uma das opções deve estar sintetizada por um valor da variável objetivo. Assim, no processo decisório, que ocorre em condições de certeza, o trabalho estaria encerrado na etapa de obtenção das alternativas, no qual seria escolhida aquela opção que otimizasse o valor da variável objetivo, porém, quando se trata de decisões tomadas em condições de incerteza a escolha entre as alternativas é apenas uma parte do processo decisório.

d) Cenários: conjunto de informações objetivas e subjetivas que influenciam no valor assumido pela variável objetivo, sendo que as principais etapas da construção de um cenário são:

- Fixar o horizonte de tempo da variável objetivo em estudo;
- Definir as principais variáveis de influência, ou seja, aquelas que afetam o valor da variável objetivo;
- Elaboração dos cenários, que consiste na fixação dos parâmetros quantitativos e qualitativos coerentes com as variáveis de influência, onde cada conjunto coerente de parâmetros define um cenário.

e) Matriz de decisão: é a forma de apresentar todos os elementos que fazem parte do processo de avaliação do risco e do processo decisório. Nessa matriz são indicados os vários cenários, suas probabilidades, as alternativas e os valores da variável objetivo para cada par cenário-alternativa.

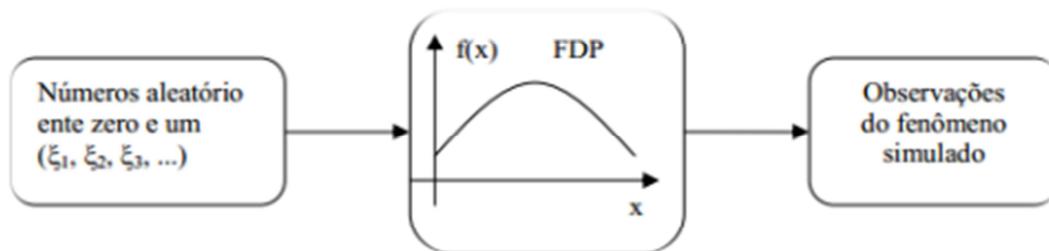
#### 2.2.4 MÉTODO MONTE CARLO

---

O Método Monte Carlo, desenvolvido pelo matemático Stanislaw Ulam, trata-se de uma técnica de análise estatística que se utiliza da geração aleatória de números com a intenção de conferir valores às variáveis de saída dos sistemas que se pretende conhecer. O conjunto de números aleatórios pode ser gerado através de um processo aleatório, como por exemplo, através de funções específicas do Excel.

Segundo Nasser (2012), esse processo torna desnecessário escrever as equações diferenciais que descrevem o comportamento de sistemas complexos, bastando apenas que os sistemas físicos ou matemáticos, a serem estudados, sejam modelados em termos de funções de densidade de distribuição de probabilidade (FDP). Inicialmente é necessário conhecer essas distribuições, sendo possível gerar amostragens aleatórias através delas valendo-se da simulação de Monte Carlo. Este processo pode ser repetido tantas vezes quanto for necessário e o resultado é obtido por meio de técnicas estatísticas sobre o número de amostras. O diagrama a seguir ilustra genericamente o método.

Diagrama 1 – Simulação de Monte Carlo



Fonte: Nasser, 2012.

Ainda Segundo Nasser (2012), ao se deparar com um problema que envolva incertezas é possível utilizar uma simulação Monte Carlo desde que sejam seguidos os quatro passos padrões a seguir:

- Modelar o sistema de tal forma que cada uma das suas incertezas (variáveis de entrada) devem ser representadas por uma função densidade de probabilidade;
- Gerar um conjunto de valores aleatórios que estejam em aderência à função densidade de probabilidade de cada uma das variáveis de entrada do sistema;

- Calcular o resultado determinístico do sistema utilizando os valores gerados para as variáveis de entrada obtendo, assim, uma visão probabilística do problema;
- Organizar e tratar os resultados de forma a obter uma estimativa da solução do problema.

Este método é apenas uma aproximação da solução, portanto, é sempre necessário analisar o erro de aproximação, que é  $3\sigma/(N^{1/2})$ , onde  $\sigma$  é o desvio padrão e  $N$  o tamanho da amostra. É perceptível que quanto maior o tamanho da amostra, menor o erro de aproximação.

## 2.3 ANÁLISE DE PROJETOS E INVESTIMENTOS

De forma geral, uma operação financeira pode ser representada em função do seu fluxo de caixa, ou seja, em função das entradas e saídas futuras esperadas. Em que o valor presente representa o valor do capital investido ou tomado como empréstimo na data inicial do fluxo de caixa, e o valor futuro representa o valor do capital em uma data futura, ou seja, posterior a data inicial do fluxo de caixa.

A análise que pode ser feita a partir desses fluxos consiste, basicamente, na comparação dos valores do fluxo trazidos ao valor presente, calculados segundo o regime de capitalização composta, a partir de uma dada taxa de juros definida. De uma forma geral pode-se entender que a análise do fluxo de caixa de um empreendimento é metodologia para medir o retorno desse investimento.

### 2.3.1 TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) pode ser entendida como a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros. A definição da taxa mínima de atratividade deve levar em conta o risco de oportunidade, o risco do empreendimento a liquidez do negócio e a propensão ao risco dos investidores.

---

A TMA é utilizada para descontar os fluxos de caixa quando se utiliza o método do Valor Presente Líquido (VPL) e serve como parâmetro de comparação para a Taxa Interna de Retorno (TIR).

Segundo Assaf Neto (2012), a taxa interna de retorno é a taxa que anula o valor presente líquido do fluxo de caixa do investimento analisado, igualando as entradas às saídas, considerando que os valores do fluxo de caixa ocorrem em diferentes momentos do tempo é possível concluir que ao considerar o valor do dinheiro no tempo da TIR expressa a rentabilidade de um dado investimento, sendo que um investimento é atrativo quando a taxa interna de retorno (TIR) for maior ou igual à taxa mínima de atratividade.

### 2.3.2 VALOR PRESENTE LÍQUIDO

O valor presente líquido é obtido pela diferença entre o valor dos benefícios ou entradas, previstos pelo fluxo de caixa, trazidos a valor presente, e as saídas de capital, previstas pelo fluxo de caixa, trazidas a valor presente, sendo que o valor presente líquido é representado pela seguinte equação:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{Fc_j}{(1+i)^j} - Fc_0$$

Em que:

$i$  = taxa de conversão do valor no tempo, utiliza-se a taxa mínima de atratividade;

$Fc_0$  = fluxo de caixa no momento inicial;

$Fc_j$  = valor de entrada (ou saída) de caixa previsto para cada intervalo de tempo;

O valor presente líquido é um dos métodos de avaliação de um investimento através de seu fluxo de caixa, onde:

$VPL = 0$ , a taxa de renda do investimento coincide, exatamente, com a taxa mínima de atratividade que foi utilizada;

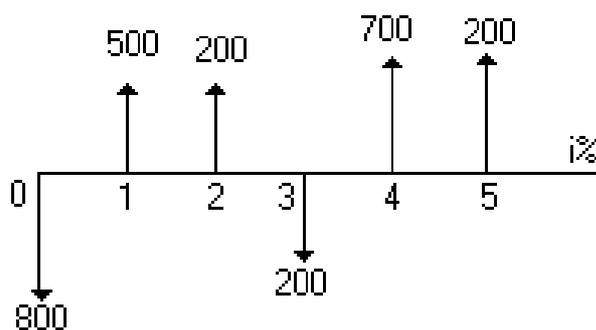
$VPL > 0$ , representa o quanto a renda do investimento excede a renda esperada, ou seja, a renda do investimento ultrapassa a taxa mínima de atratividade previamente definida;

$VPL < 0$ , representa o quanto falta para que a renda do investimento alcance a renda mínima desejada, significando que a taxa de renda que o investimento proporciona é inferior à taxa mínima de atratividade previamente definida.

### 2.3.3 FLUXO DE CAIXA

Segundo Assaf Neto (2012), um fluxo de caixa representa uma série de pagamentos e recebimentos que se estima obter no futuro relativos a um determinado empreendimento. A visualização e interpretação de um problema que envolva entradas e saídas financeiras que ocorrem em diferentes instantes de tempo pode ser facilitada através de sua representação gráfica, conforme exemplo:

Figura 1 – Representação gráfica de fluxo de caixa



Fonte: elaborado pelo autor.

As setas voltadas para baixo indicam as saídas, enquanto setas voltadas para cima indicam as entradas.

---

## 3 APLICAÇÃO DO MÉTODO MONTE CARLO

### 3.1 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS RELEVANTES

Para a definição das variáveis relevantes que estão relacionadas aos empreendimentos de transmissão no Brasil foi utilizado a teoria dos Fatores Críticos de Sucesso já mencionada no referencial teórico, em entrevistas com profissionais de transmissoras envolvidos com os empreendimentos de transmissão pode-se concluir que, dentre os fatores de risco, tem lugar de destaque os atrasos das obras, a variação do CAPEX, e os custos com OPEX.

#### 3.1.1 VARIAÇÃO DO CAPEX

O Capital Expenditure (CAPEX), que em português significa investimento de capital, pode ser definido como o montante de capital a ser investido na aquisição ou realização de um empreendimento.

No caso dos leilões de transmissão a ANEEL informa, através do Edital do Leilão, o valor de investimento esperado para cada um dos lotes, porém cabe a cada empreendedor elaborar o seu próprio orçamento com base nos seus próprios custos. Considerando que se trata de um leilão, onde o vencedor é aquele que se dispõe a realizar o empreendimento pela menor RAP, é primordial que o orçamento do proponente esteja aderente e compatível com o Edital, normas vigentes e procedimentos de rede, ao mesmo tempo em que deve ser o mais otimizado possível.

Nesse orçamento são considerados o valor do investimento inicial (CAPEX), os custos de operação e manutenção entre outros, todavia é possível entender que a variação do CAPEX é o fator de risco que causa o maior impacto no fluxo de caixa do empreendimento e conseqüentemente no retorno desse empreendimento.

Vários são os problemas que podem levar a variações do CAPEX, entre eles pode-se destacar as mudança de escopo e a variação de preços dos equipamentos, materiais e serviços contratados.

---

### 3.1.2 VARIAÇÃO DO OPEX

O Operational Expenditure (OPEX) que em português significa o capital utilizado para manter os bens físicos de um empreendimento, portanto os custos de operação e manutenção que serão dispendidos para manter o ativo operacional durante todo o período da concessão.

É uma prática comum entre as transmissoras prever o OPEX como uma função do CAPEX. No caso da transmissora consultada foi observado que se adota o valor de 3% do CAPEX como previsão para o OPEX anual.

É importante ressaltar que os custos de OPEX são muito relevantes para o retorno de um empreendimento, uma vez que esses gastos se estendem por todo o contrato de concessão, no caso da transmissão são de 30 anos.

### 3.1.3 ATRASOS DE OBRAS

Conforme dados levantados no site da ANEEL, em março de 2017, 66% das obras em execução estavam atrasadas.

As causas destes atrasos podem ser oriundas de problemas de gestão e questões fundiárias, meio ambiente além de outros riscos, porém o licenciamento ambiental é a origem da maior parte dos atrasos.

## **3.2 DEFINIÇÃO DAS MEDIDAS DE EFICÁCIA**

Para que seja possível utilizar o Método Monte Carlo é necessário que seja definido, além das variáveis de entrada, quais são as variáveis de saída, ou seja, é necessário definir quais são as variáveis de interesse que permitirão observar o fenômeno a ser estudado.

Em se tratando da análise da viabilidade econômica de um empreendimento, pode-se entender que as variáveis que devem ser observadas são as que medem o retorno do investimento, portanto, nesse trabalho, será focado na taxa interna de retorno e no valor presente líquido.

Segundo Casarotto Filho e Kopittke (2010) o método da Taxa Interna de Retorno requer o cálculo da taxa que zera o valor presente dos fluxos de caixa, desta forma os

---

investimentos que apresentem uma taxa interna de retorno maior que a taxa mínima de atratividade são considerados rentáveis e são passíveis de análise.

Ainda segundo Casarotto Filho e Kopittke (2010), o método do valor presente líquido consiste em calcular o valor presente dos termos futuros do fluxo de caixa para poder somá-los ao investimento inicial, sendo que são viáveis os investimentos que tiverem o valor presente líquido maiores que zero e a taxa de desconto a ser utilizada é a taxa mínima de atratividade.

### **3.3 ESTUDO DE CASO**

#### **3.3.1 MODELAGEM DAS VARIÁVEIS DE ENTRADA**

##### **3.3.1.1 MODELAGEM DA VARIAÇÃO DO CAPEX**

Com base em informações fornecidas pela transmissora de energia foi possível estabelecer que a sua variação do CAPEX, esta que segue uma distribuição triangular com os seguintes parâmetros.

Tabela 2 – Parâmetros da distribuição triangular

<b>Parâmetros da distribuição triangular</b>	
<b>Mínimo</b>	1,00
<b>Máximo</b>	1,25
<b>Moda</b>	1,15

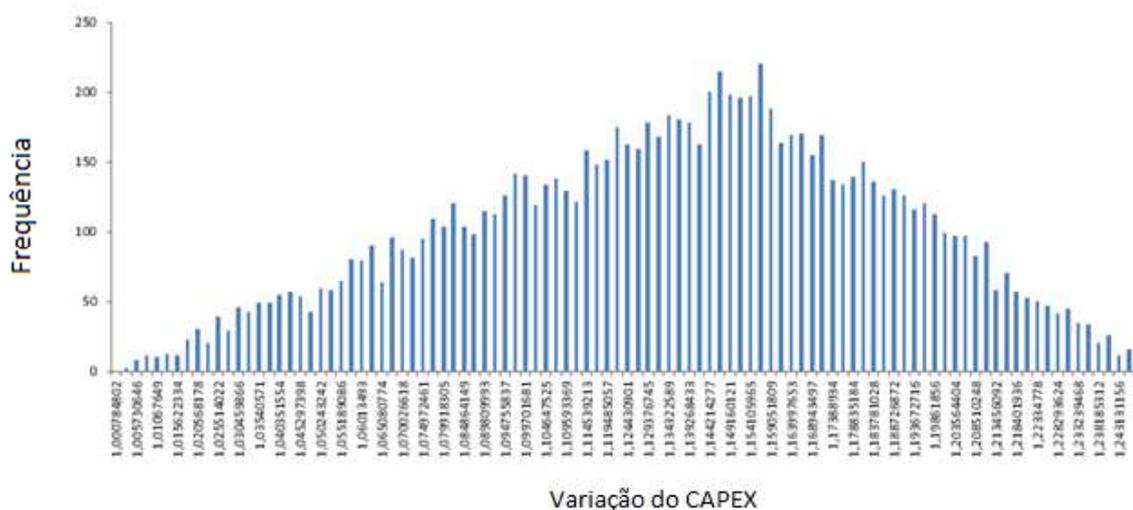
Fonte: elaborado pelo autor.

A quantidade de amostras disponíveis nessa transmissora possibilitou estabelecer o tipo da função densidade de probabilidade, bem como os parâmetros, porém ainda foi necessário gerar um conjunto de valores aleatórios que estivessem em aderência à Função Densidade de Probabilidade dessa variável de entrada, além disso é importante ressaltar que a distribuição triangular é uma distribuição muito simples e útil quando se tem poucos dados.

Com o auxílio do Excel foram gerados 10.000 números aleatórios que seguissem a distribuição previamente estabelecida pelos parâmetros definidos, depois de gerados esses

números, eles foram agrupados no histograma da Figura 2 abaixo para verificar se os valores realmente estavam seguindo a distribuição estabelecida.

Figura 2 – Histograma da função densidade de probabilidade de variação do CAPEX



Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.3.1.2 MODELAGEM DA VARIAÇÃO DA DATA DE ENTREGA

Através do site da ANEEL, mais especificamente na área dedicada ao acompanhamento dos empreendimentos de transmissão, foi possível levantar a situação, em relação a atrasos, dos empreendimentos já entregues e em operação. Importante considerar que o site apresenta dados de empreendimentos que datam desde 2006, estando disponíveis dados referentes a 956 obras já entregues e em operação, sendo que destas 670 foram entregues atrasadas.

Na Figura 3 é possível verificar uma parte da tabela que foi compilada a partir dos dados do site da ANEEL.

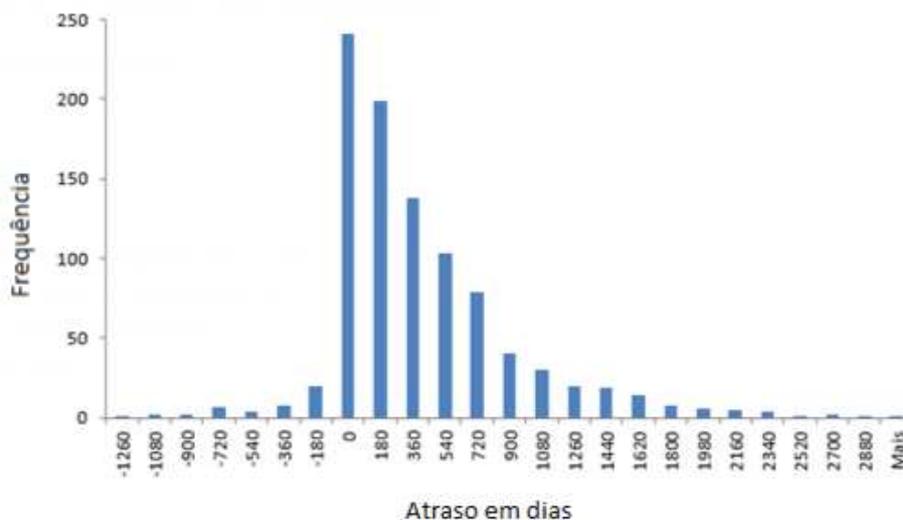
Figura 3 – Parte da tabela que foi compilada a partir dos dados do site da ANEEL

Nome	Status	Empreendimento	Ato legal	Entrega	Atraso
CEEE-GT	Concluído	Secc. Santa Cruz 1 (UHE Itaúba / Charqueadas)	01/01/2008	26/07/2009	572
ELETRONORTE	Concluído	SE Miranda II (BC)	01/01/2008	21/04/2009	476
ELETRONORTE	Concluído	SE Vila do Conde	01/01/2008	20/12/2009	719
CHESF	Concluído	Recapacitação da LT 230 kV BOM JESUS DA LAPA II – IGAPORÁ II	01/01/2013	31/05/2014	515
ELETRONORTE	Concluído	SE Tucuruí Vila	01/02/2008	04/12/2011	1402
CHESF	Concluído	LT 230 kV Mossoró IV /Mossoró II	01/02/2014	02/11/2017	1370
CHESF	Concluído	SE Touros / LT 230 kV Ceara-Mirim II - Touros	01/02/2014	02/10/2017	1339
CHESF	Concluído	SE 500/230 kV Igaporá III; SE 230/69 kV Pindaí II (ICG) e LTs 230 kV	01/02/2014	19/06/2017	1234
CHESF	Concluído	SE Mirueira II 230/69 kV	01/02/2014	10/04/2016	799
CHESF	Concluído	SE CAMPINA GRANDE II - 2º TT 69 kV - 20 ohms/fase	01/03/2011	12/02/2010	-382
CHESF	Concluído	SE BOA ESPERANÇA - TT 69 kV - 20 ohms/fase	01/03/2011	11/12/2011	285
CHESF	Concluído	LT 500 kV Garanhuns II - Angelim II C1 - Substituição do cabo para raios convencional	01/03/2017	18/09/2017	201
BRILHANTE	Concluído	Remanejar o RTL 230 kV da LT 230 kV Chapadão – Imbirussu, da SE Imbirussu para a SE Campo Grande II	01/03/2017	19/02/2017	-10
ENCRUZO	Concluído	LT Miranda - Encruzo Novo, CS, em 230 kV e SE Encruzo Novo 230/69 kV - 100 MVA	01/05/2012	02/07/2012	62
ELETRONORTE	Concluído	SE Xingu - MC 230 kV do TR1P 500/230 kV - 3x112 MVA	01/05/2014	09/07/2014	69
CHESF	Concluído	SE RUSSAS II - 2º TT 69 kV - 20 ohms/fase.	01/06/2011	06/02/2012	250
CHESF	Concluído	SE GOIANINHA - 2º TT 69 kV - 20 ohms/fase.	01/06/2011	14/08/2012	440
ELETRONORTE	Concluído	SE Santa Maria - Instalação de 2 Bancos de capacitores em derivação 230 kV, de 55 Mvar	01/06/2013	28/04/2014	331
ELETRONORTE	Concluído	SE São Luis III - Segundo transformador trifásico TR2 230/69/13,8 kV, 150 MVA	01/06/2013	21/04/2013	-41
ELETRONORTE	Concluído	SE Rio Branco I - AT02 230/138/13,8 kV, 55 MVA, complemento de MG em 138 kV e conexão 138 kV AT01	01/06/2013	07/09/2013	98
ELETRONORTE	Concluído	SE Miracema - 2º Banco de transformadores monofásicos TR2 500/138/13,8 kV – 3x60 MVA e conexões	01/06/2013	06/10/2013	127
TAESA	Concluído	SE Uruguiana	01/07/2007	11/10/2008	468
ELETRONORTE	Concluído	SE Santa Maria	01/07/2008	26/12/2011	1273
CHESF	Concluído	LT 500 kV Angelim - Recife II C2 - Substituição do cabo para raios convencional	01/07/2017	28/11/2017	150
ELETRONORTE	Concluído	SE Santa Maria - AT3 230/138/13,8 kV, 100 MVA, complemento de MG em 138 kV e conexão 138 kV AT01	01/08/2013	11/12/2016	1228
SÃO JOÃO	Concluído	LT 500 kV Gilbués II - São João do Piauí C1	01/08/2016	10/10/2016	70

Fonte: elaborado pelo autor.

Dessa tabela foi extraída a coluna atraso, que traz a diferença entre a data prevista de entrega do empreendimento e a data real de entrega comercial, a partir dos dados dessa coluna foi possível elaborar um histograma apresentado na Figura 4 abaixo.

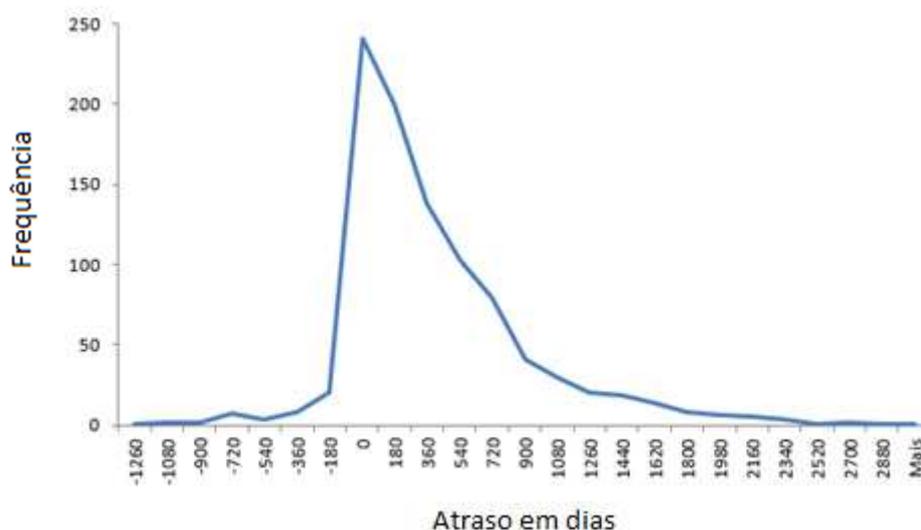
Figura 4 – Histograma dos atrasos das obras de transmissão concluídas



Fonte: elaborado pelo autor.

Transformando esse histograma em um gráfico de linhas é possível verificar que existe uma similaridade dessa distribuição de probabilidades com a distribuição triangular.

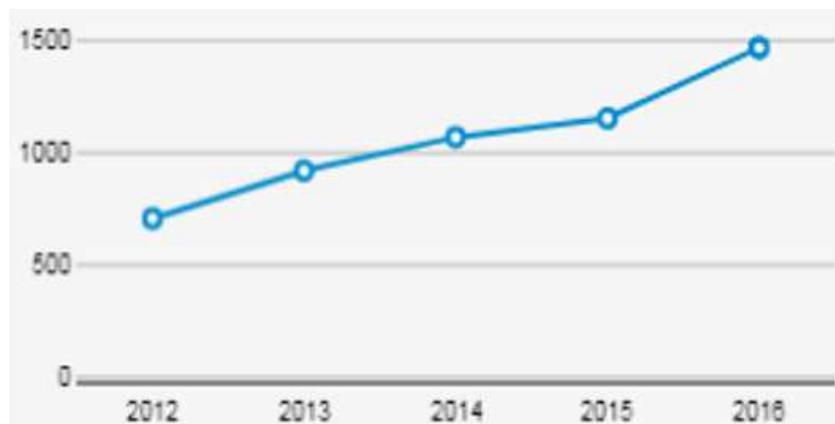
Gráfico 1 – Atrasos das obras de transmissão concluídas



Fonte: elaborado pelo autor.

Nesse gráfico ainda é possível visualizar que a cauda positiva da curva se entende de maneira praticamente assintótica, sendo que o maior atraso registrado no site da ANEEL é de 3453 dias. Porém convém lembrar que o prazo legal tem sido sistematicamente ampliado pelo poder concedente. A Figura 5 mostra a evolução desse prazo concedido pela ANEEL para construção. Fato este que de alguma forma atesta que a agência vem reconhecendo a necessidade de prazos maiores para a construção dos empreendimentos.

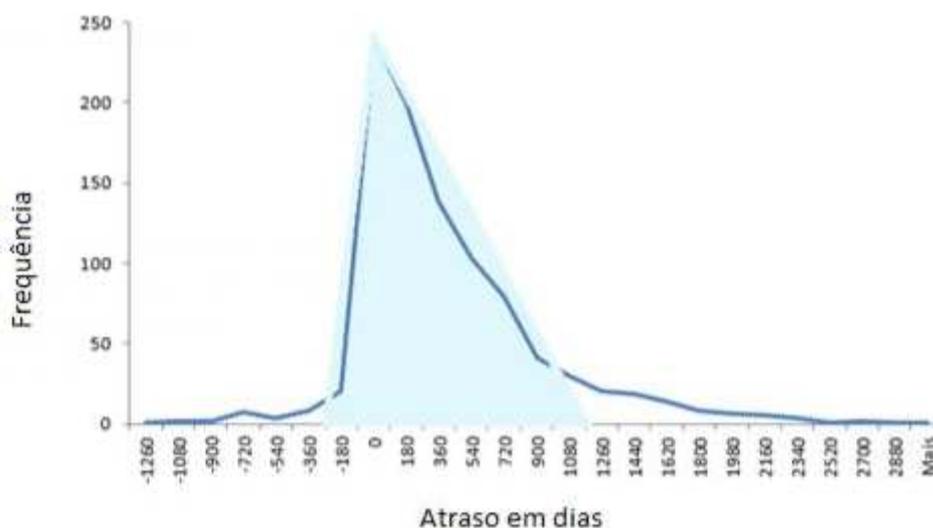
Figura 5 – Atrasos das obras



Fonte: ANEEL, 2017.

A recente tendência de expansão dos prazos legais, adequando-os à realidade da construção desse tipo de empreendimento, pode ser entendida como um fator que deve fazer com que os atrasos acabem se tornando menores com o passar do tempo. Provavelmente expurgando os atrasos da cauda positiva da curva do Gráfico 1, considerando esse fator e também buscando-se uma simplificação do modelo matemático pode-se assumir que a função densidade de probabilidade pode ser dada pelo Gráfico 2 abaixo, onde verificamos uma distribuição do tipo triangular.

Gráfico 2 – Aproximação da densidade de probabilidades

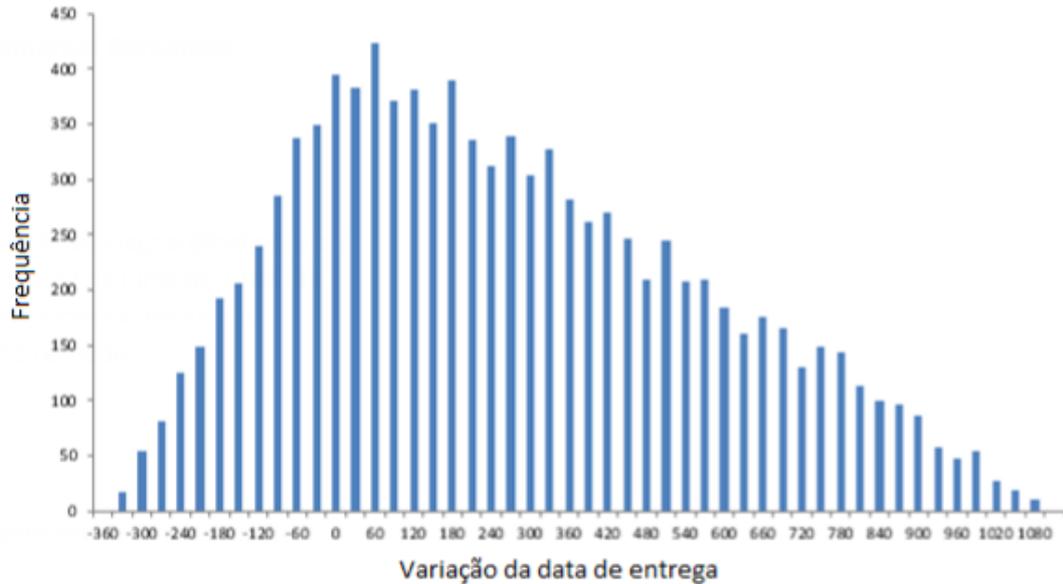


Fonte: elaborado pelo autor.

Nesse caso da aproximação feita no Gráfico 2 pode-se verificar que a grande concentração das datas de entrega ocorre entre 360 dias de avanço e 1080 dias de atraso, com moda em 0.

A partir dessa consideração foi desenvolvida uma equação capaz de gerar números aleatórios que seguissem essa distribuição em função dos parâmetros definidos. Foram gerados 10.000 números aleatórios e a partir desses construído o histograma da Figura 6 com a intenção de verificar a exatidão da equação e da modelagem.

Figura 6 – Histograma da função densidade de probabilidade – variação da data de entrega



Fonte: elaborado pelo autor.

Os limites da distribuição triangular, referente à variação da data de entrega, para a modelagem do fluxo de caixa podem variar caso a caso, a depender da percepção de riscos e da experiência da transmissora, sendo que fatores como a sinergia da transmissora com os órgãos licenciadores do empreendimento, relevo, biomas envolvidos, existência de áreas de preservação ambiental e existência de comunidades tradicionais são fatores de risco que devem ser considerados nessa modelagem. Portanto, foi necessário para este estudo definir os limites da distribuição com base nas características do empreendimento usado no exemplo.

### 3.3.1.3 MODELAGEM DA VARIAÇÃO DO OPEX

Uma vez que o OPEX será tratado como uma função do CAPEX, não será necessário realizar uma modelagem específica.

### 3.3.2 MODELAGEM DO SISTEMA

Assim, por tratar-se do desenvolvimento de um modelo matemático para análise de retorno financeiro de investimentos em empreendimentos de transmissão, foi elaborado um fluxo de caixa para dar suporte a análise.

Esse fluxo desenvolvido de forma a seguir as questões contratuais dos contratos de concessão, bem como características desse tipo de empreendimento. Para o preenchimento do fluxo de caixa foram utilizados dados retirados de um dos lotes dos leilões de transmissão recentes da ANEEL:

- Prazo de concessão: 30 anos a partir da assinatura do contrato de concessão;
- Prazo máximo para entrada em operação comercial: 30 meses a partir da assinatura do contrato de concessão;
- RAP máxima permitida: R\$ 6.692.000,00;
- Possibilidade de antecipação da operação comercial limitada pela data de necessidade exposta no edital ANEEL: no máximo 12 meses;
- Início do recebimento do Pagamento Base: após a entrega para operação comercial;

Outras premissas foram adotadas nesse modelo:

- Parâmetros da distribuição triangular foram definidos considerando que o empreendimento ocorrerá em um local onde a transmissora tem alta sinergia com os órgãos licenciadores e com a prefeitura, não existem áreas de preservação ambiental e comunidades tradicionais no entorno e que a transmissora acredita na possibilidade de entrega adiantada: mínimo -360, máximo 360, moda 0;
  - O CAPEX estimado para esse empreendimento é de R\$ 51.253.123,24, sendo que o desembolso do CAPEX ocorre de forma linear a partir do sexto mês da
-

assinatura do contrato de concessão até a entrada em operação comercial, em contrapartida, tanto a entrega antecipada quanto o atraso modificam o período de desembolso;

- O OPEX anual será de 3% do valor do CAPEX, ou seja, R\$ 1.537.593,70, o desembolso do OPEX ocorre de forma linear, em prestações mensais, a partir da entrada em operação comercial, da mesma forma, tanto a entrega antecipada quanto o atraso modificam a data do início desse desembolso;
- A taxa mínima de atratividade utilizada foi de 7,5% a.a., esta foi definida, considerando a alta sinergia da transmissora na região da implantação, o elevado interesse da transmissora pelo ativo, inclusive por questões estratégicas relacionadas a futuras expansões na região. A taxa mínima de atratividade utilizada também deve considerar o custo médio ponderado da capital estimado para um determinado projeto, ou seja, tanto a remuneração requerida pelos acionistas, quanto os custos referentes aos juros dos financiamentos obtidos para um empreendimento devem ser considerados na determinação dessa taxa, por questões de sigilo de informação será utilizada nesse modelo o valor acima citado, sem entrar no detalhamento da composição desse.
- Não foram consideradas multas por atraso, bem como não foram consideradas as revisões tarifárias que ocorrem a cada cinco anos;

Inicialmente foi elaborado o fluxo de caixa, considerando a entrega na data do contrato de concessão e que o CAPEX executado não tem variação em relação ao CAPEX previsto. A Figura 7 abaixo, mostra parte do fluxo de caixa, demonstrando os 30 primeiros meses.

Figura 7 – Parte do fluxo de caixa dos 30 primeiros meses do empreendimento

Mês do projeto	Saídas	Entradas	Saldo mês	Saldo mês descontado
1	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
3	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
4	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
5	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
6	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.989.268,78
7	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.977.316,06
8	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.965.435,17
9	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.953.625,66
10	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.941.887,11
11	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.930.219,09
12	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.918.621,18
13	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.907.092,96
14	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.895.634,00
15	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.884.243,90
16	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.872.922,24
17	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.861.668,60
18	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.850.482,59
19	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.839.363,78
20	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.828.311,78
21	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.817.326,19
22	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.806.406,61
23	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.795.552,64
24	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.784.763,89
25	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.774.039,96
26	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.763.380,47
27	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.752.785,03
28	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.742.253,25
29	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.731.784,75
30	R\$ 2.050.124,93	R\$ 0,00	-R\$ 2.050.124,93	-R\$ 1.721.379,15

Fonte: elaborado pelo autor.

Realizando o fluxo de caixa, para a condição de entrega na data especificada e sem variação no CAPEX, pode-se verificar uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 8,61% e um valor presente líquido de R\$ 5.199.692,27, para essas condições o empreendimento é atrativo.

Considerando que o objetivo desse trabalho é verificar a probabilidade de sucesso do empreendimento levando-se em consideração a característica probabilística desse problema e os riscos associados, foi necessário realizar a simulação desse mesmo empreendimento para

10.000 situações aleatórias diferentes, onde a variação de CAPEX e de data de entrega foram geradas aleatoriamente, seguindo as distribuições de probabilidades previamente definidas, cada uma das variáveis de entrada tinha a sua própria função de distribuição de probabilidades e ambas eram geradas simultaneamente.

Para realizar o trabalho de geração e armazenamento dessas duas variáveis aleatórias, bem como da TIR, que representa a combinação das duas entradas, foi necessário elaborar uma macro para Excel dentro do visual Basic, a Figura 8 apresenta esse programa.

Figura 8 – Programa Visual Basic

```
Sub Macro1()
'
' Macro1 Macro
'   Application.ScreenUpdating = False
'
'   Sheets("Plan3").Cells.ClearContents
'   Sheets("Plan3").Cells(2, 2).Value = "Atraso"
'   Sheets("Plan3").Cells(2, 3).Value = "Delta Capex"
'   Sheets("Plan3").Cells(2, 4).Value = "TIR"
'
'   For contador = 1 To 10000
'     Sheets("Plan1").Select
'     Sheets("Plan1").Calculate
'
'     Range("I16").Select
'     Selection.ClearContents
'     Range("R16").Select
'     Selection.Copy
'     Sheets("Plan3").Select
'   Application.Calculation = xlManual
'
'     Sheets("Plan3").Cells(contador + 2, 4) = Sheets("Plan1").Cells(16, 19)
'     Sheets("Plan3").Cells(contador + 2, 2) = Sheets("Plan1").Cells(2, 7)
'     Sheets("Plan3").Cells(contador + 2, 3) = Sheets("Plan1").Cells(2, 9)
'   Application.Calculation = xlAutomatic
'
'     Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
'       :=False, Transpose:=False
'   Next contador
'
'   Application.ScreenUpdating = True
End Sub
```

Fonte: elaborado pelo autor.

Agora a Figura 9 abaixo representa as 25 primeiras simulações do programa, que executou o fluxo de caixa para 10.000 diferentes cenários, indicando o atraso em dias, a variação do CAPEX e a TIR obtida com essa combinação.

Figura 9 – Resultado das 25 primeiras simulações do programa

Simulação Nº	Atraso (dias)	Delta Capex	TIR
1	-88,07214543	119,92%	6,86%
2	241,946943	110,54%	7,20%
3	-194,2805382	116,29%	7,33%
4	-292,7443196	120,00%	7,13%
5	-30,71245438	109,44%	7,75%
6	-221,7167329	109,59%	8,00%
7	-32,19675015	111,25%	7,58%
8	14,85228349	117,82%	6,88%
9	-40,73452523	102,64%	8,43%
10	108,072977	115,13%	6,99%
11	-35,35632211	106,32%	8,05%
12	43,06932473	116,01%	7,00%
13	-130,7981636	109,06%	7,92%
14	164,9164917	119,00%	6,60%
15	-187,789278	110,24%	7,89%
16	171,5122658	117,07%	6,75%
17	59,88439428	112,07%	7,34%
18	-254,7048073	116,82%	7,36%
19	-101,1259944	108,96%	7,88%
20	-101,851899	116,31%	7,21%
21	239,3773938	114,54%	6,89%
22	-289,330491	116,35%	7,45%
23	165,7068927	111,81%	7,20%
24	230,0675863	111,90%	7,12%
25	10,39100676	117,97%	6,87%

Fonte: elaborado pelo autor.

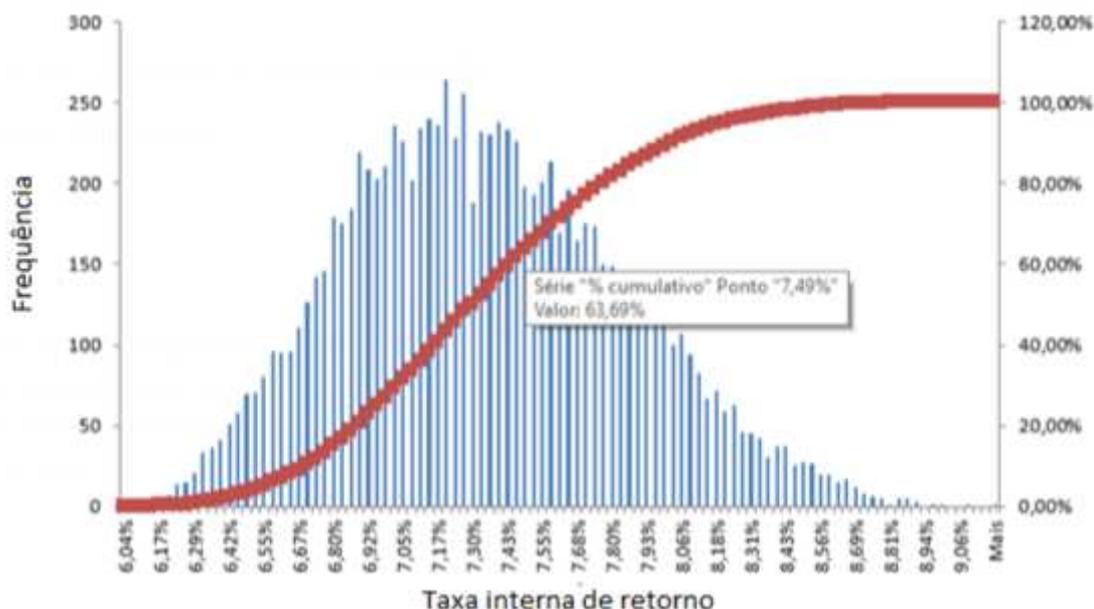
Os números aleatórios de atraso foram gerados em dias, porém como o fluxo de caixa é representado por entradas e saídas mensais. Logo, foi necessário converter o atraso para meses antes de ser utilizado no fluxo de caixa, onde foi sempre utilizado números inteiros e arredondamento para cima.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como explicado no referencial teórico, o método de Monte Carlo se baseia em uma grande quantidade de amostras aleatórias para obter resultados numéricos.

Ou seja, é um método onde se repetem sucessivas simulações, com vistas a calcular probabilidades heurísticamente, sendo assim depois de 10.000 simulações para o sistema representado pelo fluxo de caixa e suas variações, obtivemos 10.000 prováveis taxas internas de retorno que, para o objeto desse estudo de caso, é a variável de controle.

Gráfico 3 – Função densidade de probabilidade – Taxa interna de retorno



Fonte: elaborado pelo autor.

O Gráfico 3 acima mostra a função de distribuição de probabilidade para a TIR desse empreendimento, sendo possível ainda visualizar que em aproximadamente 64% das simulações o valor requerido de 7,5% de TIR não é atingido, ou seja, só por volta de 36% das simulações levam ao resultado requerido.

Importante ainda ressaltar que essa distribuição de probabilidades obtida para a TIR desse empreendimento é consequência direta das funções de distribuição de probabilidade definidas para as variáveis de entrada, ou seja, é necessário que a equipe que define os limites

das entradas seja experiente e comprometida, pois todo o trabalho e a modelagem acabam sendo consequência direta da qualidade dessas definições iniciais.

Uma outra análise que pode ser realizada é através do coeficiente de Pearson, que é uma ferramenta matemática utilizada para indicar a correlação entre duas variáveis, sendo no caso calculada a correlação entre a variação do CAPEX e da TIR, bem como a correlação na variação data de entrega e da TIR.

Para realizar a análise de correlação entre a variação do CAPEX e a TIR foi necessário, no fluxo de caixas, manter a data de entrega fixa como a contratual e então realizar 10.000 simulações de possíveis variações de CAPEX e as TIR obtidas, além disso foi considerado que o OPEX é uma função do CAPEX inicialmente previsto, ou seja não se altera a medida que o CAPEX varia, sendo que para essas duas variáveis nessas 10.000 simulações encontrou-se uma correlação de -0.9094.

Uma operação semelhante foi realizada, com vistas a medir a Correlação entre a variação da data de entrada em operação e a TIR, para tal foi necessário fixar o valor do CAPEX no inicialmente previsto e gerar 10.000 simulações de variação da data de entrada e a TIR correspondente, para essas simulações foi obtida a correlação de -0,0063.

---

---

## 5 CONCLUSÃO

O trabalho atingiu seu objetivo, mostrando-se ser uma ferramenta capaz de estimar a função densidade de probabilidade da TIR de um empreendimento a partir da estimativa das funções densidade de probabilidade das variáveis de entrada, podendo assim ser utilizado como ferramenta auxiliar do processo decisório, sendo possível utilizá-la ainda para análise de outros lotes de empreendimentos de transmissão bastando alterar os dados de entrada de modo, bem como os parâmetros das distribuições de probabilidade, para compatibilizá-los com o lote a ser estudado.

No que se refere ao lote de transmissão analisado, a partir dos parâmetros selecionados, pode-se verificar que o empreendimento tem uma probabilidade de 36% de chances de atingir a taxa mínima de atratividade requerida pelo empreendedor, cabendo agora aos gestores responsáveis pela tomada de decisão realizar a análise dessas informações, associando-as a questões estratégicas da empresa, tais como projetos de expansão para que seja tomada a melhor decisão possível.

Importante ainda ressaltar que, pela análise do coeficiente de Pearson, fica evidente que a variação do CAPEX é o fator com maior influência na variação da taxa interna de retorno, sendo, portanto, fundamental que o empreendedor faça a gestão adequada dessa variável desde a concepção do empreendimento. Muitos são os fatores que podem vir a gerar variações do CAPEX, sendo esse tema extenso e passível da realização de outros estudos específicos.

Na opinião deste pesquisador, esse empreendimento deveria ser aceito, uma vez que se encontra em um local onde a transmissora tem uma alta sinergia com os órgãos licenciadores e trata-se de um empreendimento em que a transmissora já tem uma vasta experiência, além de já contar com equipes de manutenção e operação na região do ativo.

Para futuros trabalhos pode-se realizar o estudo mais detalhado dos fatores que interferem no CAPEX e das maneiras de mitigar esses riscos, pode-se classificar os dados de atraso que foram extraídos do site da ANEEL por estado, bioma, proximidade ou não de comunidades tradicionais, para a partir disso chegar a parâmetros mais precisos da distribuição de probabilidade de atrasos e, dessa maneira, tornar o modelo mais preciso.

---



## 6 BIBLIOGRAFIA

ALVES, Raphael Barbosa. **Implantação de linhas de transmissão**: do leilão à operação comercial. Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2017.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 740, de 11 de outubro de 2016. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20 out. 2016. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2016/025/resultado/ren2016740.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2019.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Dados estatísticos da transmissão**. Brasília, 16 fev. 2017. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/fiscalizacao-da-transmissao-conteudos/-/asset\\_publisher/agghF8WsCRNq/content/dados-estatisticos-da-transmissao/656808](http://www.aneel.gov.br/fiscalizacao-da-transmissao-conteudos/-/asset_publisher/agghF8WsCRNq/content/dados-estatisticos-da-transmissao/656808)>. Acesso em: 24 mai. 2019.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 67, de 8 de julho de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11 jun. 2004. Disponível em: <<http://www.migratio.com.br/legislacao/RESOLUCAO67-04.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Receita anual permitida**. Brasília, 25 nov. 2015. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/metodologia-transmissao/-/asset\\_publisher/6pqBPPJq59Ts/content/receita-anual-permitida-rap/654800?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/metodologia-transmissao/-/asset_publisher/6pqBPPJq59Ts/content/receita-anual-permitida-rap/654800?inheritRedirect=false)>. Acesso em: 17 jun. 2019.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Painéis de acompanhamento dos empreendimentos de transmissão**. Brasília, 26 out. 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/paineis-de-expansao-da-transmissao>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Serviço público de transmissão de energia elétrica**. Brasília, 24 nov. 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/transmissao5>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

ASSAF NETO, Alexandre. **Matemática financeira e suas aplicações**. São Paulo: Atlas, 2012.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITKE, Bruno Hartmut. **Análise de investimentos**. São Paulo: Atlas, 2010.

CERTO, Samuel C. **Tomada de decisões**. São Paulo, 2005.

COLEMAN, Les. **Why managers and companies take risks?**. New York: Physica-Verlag, 2006.

---

EPE, Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL). **Anuário estatístico de energia elétrica 2018**: ano base 2017. Rio de Janeiro: EPE, 2018a. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2018vf.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2019.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL). **Balanco energético nacional 2018**: ano base 2017. Rio de Janeiro: EPE, 2018b. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018\\_\\_Int.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018__Int.pdf)>. Acesso em: 28 jun. 2019.

HOLLANDA, Lavinia et al. **Licenciamento ambiental no segmento de energia**: entraves. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/bc/article/view/57455>>. Acesso em: 8 jun. 2019.

IBGC (Instituto Brasileiro de Governança Corporativa). Gerenciamento de Riscos Corporativos: Evolução em Governança e Estratégia. **Cadernos de Governança Corporativa**, São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://conhecimento.ibgc.org.br/Paginas/Publicacao.aspx?PubId=21794>>. Acesso em: 25 mai. 2019.

IBGE. **Projeção da População 2018**: número de habitantes do país deve parar de crescer em 2047. Agência IBGE Notícias, 25 jul. 2018. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21837-projecao-da-populacao-2018-numero-de-habitantes-do-pais-deve-parar-de-crescer-em-2047>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

KIMURA, Herbert. **Finanças comportamentais e o estudo de reações do mercado de capitais brasileiro**. 2002. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MILOSEVIC, D.; PATANAKUL, P. Standardized project management may increase development projects success. **International Journal of Project Management**, v. 23, pp. 181-192, 2005.

NASSER, Rafael Barbosa. **McCloud Service Framework**: arcabouço para desenvolvimento de serviços baseados na Simulação de Monte Carlo na Cloud. Dissertação (Mestrado em Informática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática, 2012.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Sobre o SIN Sistemas Isolados**. 2019a. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/sistemas-isolados>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

---

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Energia no futuro**: suprimento elétrico. 2019b. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/energia-no-futuro/suprimento-eletrico>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Instalações de transmissão**. 2019c. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/energia-no-futuro/transmissao/instalacoes>>. Acesso em: 07 jun. 2019.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Plano Anual da Operação Energética dos Sistemas Isolados (PEN SISOL)**. 2018. Disponível em: <[http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/ONS\\_RE-3-0138-2017\\_PEN\\_SISOL\\_2018.pdf](http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/ONS_RE-3-0138-2017_PEN_SISOL_2018.pdf)>. Acesso em: 10 jul 2019.

ROCHAS, Anna Flávia. Linha de transmissão licitada em 2010 busca liberação fundiária para iniciar obra. **Estadão**, São Paulo, 27 jan. 2014. Disponível em: <<https://www.estadao.com.br/noticias/geral,linha-de-transmissao-licitada-em-2010-busca-liberacao-fundiaria-para-iniciar-obra,1123566>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

RODRIGUES, José Angelo. **Gestão de risco atuarial**. São Paulo: Saraiva, 2008.

ROCKART, J.F. Chief executives define their own data needs. *Harvard Business Review*, pp. 81-93, 1979.

SECURATO, José Roberto. **Decisões financeiras em condições de risco**. São Paulo: Atlas, 1996.

SOLOMON, Ezra. PRINGLE, John J. **Introdução à administração financeira**. São Paulo: Atlas, 1981.

TOLMASQUIM, Maurício Tiomno. **Novo modelo do setor elétrico brasileiro**. Brasília: Synergia, 2015.

---