

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA - CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

ANDREZA CHAVES

**PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E OS EVENTOS DE
RISCOS OCORRIDOS NA FASE DE IMPLANTAÇÃO:
Mensuração da Representatividade dos Aditivos Financeiros**

FLORIANÓPOLIS, 2020.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA - CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

ANDREZA CHAVES

**PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E OS EVENTOS DE
RISCOS OCORRIDOS NA FASE DE IMPLANTAÇÃO:
Mensuração da Representatividade dos Aditivos Financeiros**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de
Santa Catarina como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Engenheira Civil.

Orientadora:
Professora Mestre: Juliana Guarda
de Albuquerque.

FLORIANÓPOLIS, 2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Chaves, Andreza

PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E OS EVENTOS DE RISCOS
OCORRIDOS NA FASE DE IMPLANTAÇÃO : mensuração da representatividade
dos aditivos financeiros / Andreza Chaves
; orientação de Juliana Guarda de Albuquerque.
- Florianópolis, SC, 2020.

70 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado
em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico
de Construção Civil.
Inclui Referências.

1. Pequena Central Hidrelétrica. 2. Geração de energia.
3. Energia Hídrica. 4. Riscos. 5. Impacto financeiro.
I. Guarda de Albuquerque, Juliana. II. Instituto
Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico
de Construção Civil. III. Título.

**PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E OS EVENTOS DE
RISCOS OCORRIDOS NA FASE DE IMPLANTAÇÃO:
Mensuração da Representatividade dos Aditivos Financeiros**

ANDREZA CHAVES

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 28 de setembro, 2020.

Banca Examinadora:



Prof. Juliana Guarda de Albuquerque, Me.

Orientador

JOAO ALBERTO DA
COSTA GANZO
FERNANDEZ

Assinado de forma digital por
JOAO ALBERTO DA COSTA
GANZO FERNANDEZ
Dados: 2020.10.27 00:07:53
-03'00'

Prof. João Alberto da Costa Ganzo Fernandez, Dr.



Prof. Maurilia de Almeida Bastos, Dr.

Dedico este trabalho para todos que de alguma forma contribuíram na sua realização. Em especial, ao meu noivo e meus pais, agradeço por todo incentivo e apoio.

RESUMO

Os projetos de infraestrutura são submetidos às adversidades do local onde serão implantados, tal característica, gera margem aos riscos de projeto, como aqueles provenientes dos aspectos físicos do ambiente em que serão empreendidos. A crescente demanda de energia elétrica proporcionou o aumento expressivo de projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) no estado de Santa Catarina, uma vez que, integram a principal fonte de geração de energia elétrica do país, a fonte hídrica. Com o fomento da indústria da construção civil em projetos deste porte, este estudo de caso consiste em analisar os impactos gerados por eventos de riscos ocorridos durante a fase de implantação de quatro projetos de PCH's localizadas no estado. Os dados da amostra foram disponibilizados por uma organização financeira com inúmeros contratos financeiros de implantação de empreendimentos deste gênero. Este estudo de caso consiste em mensurar a representatividade dos aditivos financeiros ocorridos no período de implantação das PCH's frente ao projeto original, como forma de auxiliar o planejamento e a viabilidade de projetos futuros, uma vez que, é comum em projetos deste porte, os empreendedores optarem por assumir os riscos envolvidos no projeto devido ao custo do empreendimento. Com isto, é ressaltada a relevância dos estudos preliminares realizados em campo e do planejamento e gerenciamento de projetos em empreendimentos de geração hídrica, uma vez que, quando bem executados possibilitam a tomada de decisões nas fases iniciais do projeto, de forma a mitigar consideravelmente os aditivos não previstos no projeto original.

Palavras-chave: Pequena Central Hidrelétrica. Geração de energia. Energia Hídrica. Riscos. Impacto financeiro.

ABSTRACT

Infrastructure projects are subjected to the adversities of the place where they will be implemented, such a characteristic creates scope for project risks, such as those arising from the physical aspects of the environment in which they will be undertaken. The growing demand for electricity has led to a significant increase in Small Hydroelectric Plant (SHP) projects in the state of Santa Catarina, since they are part of the main source of electricity generation in the country, the water source. With the encouragement of the construction industry in projects of this size, this case study consists of analyzing the impacts generated by risk events that occurred during the implementation phase of four SHP projects located in the state. The sample data was made available by a financial organization with numerous financial contracts for the implementation of projects of this kind. This case study consists of measuring the representativeness of the financial additives that occurred during the SHP's implementation period compared to the original project, as a way to assist the planning and viability of future projects, since, it is common in projects of this size, entrepreneurs choose to assume the risks involved in the project due to the cost of the enterprise. With this, the relevance of the preliminary studies carried out in the field and the planning and management of projects in hydro generation projects is emphasized, since, when well executed, they enable decision making in the initial phases of the project, in order to considerably mitigate the additives not foreseen in the original project.

Key-words: Small Hydroelectric Plant. Power Generation. Hydro energy. Risks. Financial Impact.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Demanda de Consumo Final de Energia	17
Figura 2 - Matriz Energética Brasileira de 2018	18
Figura 3 - Matriz Elétrica Brasileira de 2018	19
Figura 4 - Quantidade de PCH's por estado	20
Figura 5 - Esquema de uma PCH	23
Figura 6 - Estrutura do fornecimento de energia elétrica	23
Figura 7 - Sistema de operação de uma PCH.....	24
Figura 8 - Estrutura de uma ensecadeira	27
Figura 9 - Impacto da mudança em função do tempo	30
Figura 10 - Fluxograma Metodológico.....	34
Figura 11- Aspectos Físicos	35
Figura 12 - Bacias Hidrográficas de Santa Catarina	36
Figura 13 - Túnel de Adução.....	38
Figura 14 - Rocha Fragmentada	39
Figura 15 - Construção do Canal Aberto de Adução.....	40
Figura 16 - Construção da Barragem	40
Figura 17 - Obras de Fundação da Casa de Força	42
Figura 18 - Arranjo Geral do Empreendimento C.....	43
Figura 19 - Escavação em Rocha do Canal de Adução e do Túnel Adutor	44
Figura 20 - Escavação em Rocha do Canal de Adução e do Túnel Adutor	44
Figura 21 - Tratamento do canal de adução aberto	45
Figura 22 - Envelopamento do Conduto Forçado.....	46
Figura 23 - Desforma do Conduto Forçado.....	46
Figura 24 - Aterro do Conduto Forçado.....	47
Figura 25 - Força da Água Atingindo o Local de Trabalho	48
Figura 26 - Inundação das Obras de Fundação da Casa de Força.....	49
Figura 27 - Deslocamento dos Condutos Metálicos	50
Figura 28 - Danos nas Obras do Conduto Forçado.....	50
Figura 29 - Perda dos Serviços de Fundação da Casa de Comando	51
Figura 30 - Desmoronamento de Parte do Acesso	53

Figura 31 - Risco de Desmoronamento do Talude.....	53
Figura 32 - Trecho da Estrada de Acesso.....	54
Figura 33 - Classificação dos Eventos de Risco	55
Figura 34 - Fluxograma da Análise dos Aditivos	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diretrizes para projeto de PCH	26
Quadro 2 - Descrição dos Empreendimentos.....	36
Quadro 3 - Caracterização dos Eventos de Risco.....	55
Quadro 4 – Dados Financeiros dos Empreendimentos.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAPCH – Associação Brasileira de PCHs e CGHs

ACL - Ambiente de Contratação Livre

ACR - Ambiente de Contratação Regulada

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

DB – Design Build

DBB – Design Bid Build

EPC – Engineer Procure Construct

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

kW – Quilowatt

MME - Ministério de Minas e Energia

MWh - Megawatt-hora

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas

SDS – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável

SPG – Secretaria de Estado do Planejamento

Tep - Tonelada equivalente de petróleo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	15
1.2	Objetivo geral	16
1.3	Objetivos específicos	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Cenário da geração de energia no Brasil	16
2.1.1	Cenário das PCH's no Estado de Santa Catarina.....	19
2.1.2	Leilão de Energia	20
2.2	Pequena Central Hidrelétrica - PCH	22
2.2.1	Operação.....	24
2.2.2	Vantagens e benefícios	25
2.2.3	Processo de aprovação e implantação de PCH's	25
2.3	Gerenciamento de projetos de infraestrutura	28
2.3.1	Tipos de contratação de projetos de PCH.....	30
2.3.2	Riscos relacionados aos projetos de PCH's.....	31
3	METODOLOGIA	33
3.1	Descrição dos empreendimentos	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1	Análise dos eventos de riscos	37
4.1.1	Empreendimento A.....	37
4.1.2	Empreendimento B.....	41
4.1.3	Empreendimento C	43
4.1.4	Empreendimento D	47
4.2	Caracterização e classificação dos eventos de riscos	54
4.3	Análise do impacto financeiro ocasionado aos empreendimentos	56
5	CONCLUSÃO	61
	REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

As Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) são fontes hídricas de geração de energia elétrica, estas assumem grande representatividade na matriz elétrica brasileira. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2019) as PCH's estão presentes em todo o território nacional. Com 425 PCH's em operação, este modal ocupa o quarto lugar entre as fontes de energia elétrica utilizadas no país. O Estado de Santa Catarina conta com 51 empreendimentos em operação, estando entre os três primeiros estados com maior volume de PCH's em funcionamento.

Conforme a Associação Brasileira de PCH's e CGH's - ABRAPCH (2019), são classificados como PCH's os projetos de geração de energia hidrelétrica com potência entre 5 e 30 MW e reservatório inferior a 13 Km². Consideradas fontes de energia renovável, segundo a ANEEL (2016), as PCH's causam baixos impactos ambientais, carecem de linhas de transmissão relativamente reduzidas, além de utilizar tecnologia totalmente nacional, resultando na geração de empregos e estimulação da indústria brasileira. Conforme a ANEEL (2008) a água que cobre aproximadamente dois terços da superfície do planeta é o recurso natural com maior abundância na terra. A geração de energia por meio deste recurso não contribui para o aquecimento global além de ser considerada uma fonte de energia renovável, devido a capacidade da água de evaporar, condensar nas nuvens e retornar a terra como chuva.

Dentre as vantagens da implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas, Jusvick et al. (2016) destacam como uma alternativa de baixo impacto ambiental, quando comparadas com outras fontes de energias renováveis, como por exemplo, as Usinas Hidrelétricas. Outro fator relevante apontado por Castro et al. (2009) é o reduzido tempo despendido para a implantação de projetos deste porte, em comparação com outros projetos hídricos, possibilitando o rápido atendimento do consumo progressivo de energia. Estas são algumas das características responsáveis pela crescente demanda de projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas.

Para Bonomi e Malvessi (2004), os projetos de construção civil são executados, quando o empreendimento é capaz de gerar retorno financeiro para todos os agentes envolvidos no projeto, sejam eles, financiadores, fornecedores e empreendedores. Os dados de fluxo de caixa são considerados de extrema importância para os financiadores, uma vez que, normalmente os contratos são firmados com base nos recebíveis do empreendimento, no entanto, este não deve ser o único aspecto a ser analisado no processo de contratação, é necessário estudar entre outros aspectos, os riscos de engenharia envolvidos no projeto, de forma a procurar reduzir os danos causados por estes e viabilizar a implantação do projeto.

Os projetos de PCH's envolvem inúmeros processos construtivos, para Rocha e Castro (2014) a construção civil é sujeita às adversidades do local onde será implantada, com isto, é atribuído ao planejador antever os riscos relacionados ao processo de implantação do empreendimento com o intuito de tomar as medidas necessárias para mitigar os impactos relacionados ao custo e ao prazo, causados ao projeto. Desta forma, as autoras ressaltam ainda que, a execução e o retorno financeiro do empreendimento estão relacionados com o gerenciamento e o planejamento de todas as fases do mesmo, essencialmente nas fases iniciais de concepção do projeto.

De acordo com Bonomi e Malvessi (2004) a viabilidade técnica do empreendimento é uma ferramenta relevante para os projetos de geração de energia hídrica, no qual os agentes envolvidos no projeto devem avaliar se todos os riscos de engenharia foram identificados e devidamente analisados, se existe a possibilidade de mitigá-los e ainda estimar os aditivos causados ao projeto devido a ocorrência destes, uma vez que, os riscos podem gerar acréscimos no custo do empreendimento, assim como, ocasionar atrasos no cronograma de implantação do projeto, podendo resultar na redução do valor agregado do mesmo, o que torna a análise de riscos imprescindível em projetos desse gênero.

Como forma de possibilitar ao leitor uma melhor compreensão sobre o assunto em estudo, o segundo capítulo desta pesquisa faz uma apresentação de questões relevantes que envolvem os empreendimentos de PCH's do ponto de vista da bibliografia. Inicialmente, o cenário da geração de energia elétrica no Brasil é apresentado, bem como a sua contratação por meio de leilões de energia e

representatividade das Pequenas Centrais Hidrelétricas na matriz elétrica do estado de Santa Catarina. Em um segundo momento, as características das PCH's, assim como o processo de aprovação para implantação de projetos deste porte são apresentadas. Ao final, são demonstradas as práticas de gerenciamento e planejamento de projetos e aos riscos de implantação envolvidos nos projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas. Dessa forma, a linha metodológica desenvolvida busca o entendimento do tema em estudo. Ademais, neste estudo, consideram-se como eventos de riscos aqueles acontecimentos inesperados que ocorreram na fase de implantação das obras e resultaram em aditivos ativos financeiros nos empreendimentos.

Esta pesquisa limita-se a descrever os eventos de riscos de aspectos físicos ocorridos no processo de implantação de quatro projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas e analisar o impacto financeiro gerado aos empreendimentos, com o propósito de contribuir para a melhor avaliação quanto à viabilidade técnica da implantação de empreendimentos deste porte no estado Catarinense.

1.1 Justificativa

Com o aumento da demanda de financiamentos para a execução de Pequenas Centrais Hidrelétricas nos últimos anos, sendo Santa Catarina o estado brasileiro com maior número de PCH's em implantação, inúmeros contratos de financiamento foram firmados.

A motivação do presente estudo de caso surgiu devido à percepção, por meio de estágio realizado pela autora junto ao agente financiador, fornecedor dos dados desta pesquisa, do alto volume de aditivos financeiros, provenientes de aspectos físicos, ocorridos durante as fases implantação de projetos de PCH's, localizadas no estado de Santa Catarina. Em consequência deste fato, justifica-se analisar a representatividade de tais aspectos frente ao projeto original, uma vez que, atualmente, a geração de energia hidrelétrica é a principal fonte de energia utilizada no estado de Santa Catarina.

1.2 Objetivo geral

O objetivo geral do presente trabalho consiste na descrição e análise dos eventos de riscos ocorridos na fase de implantação de quatro projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas localizadas no Estado de Santa Catarina.

1.3 Objetivos específicos

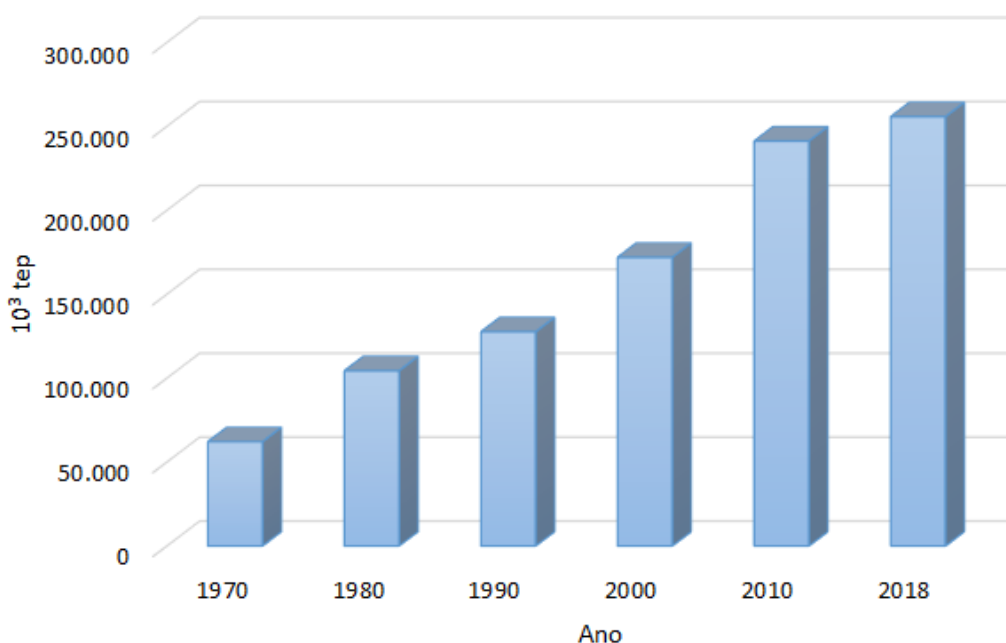
Os objetivos específicos são:

- a) Descrever os principais eventos de riscos, de aspectos físicos, acometidos na fase de implantação, pelos quatro projetos de PCH's;
Caracterizar os eventos de riscos ocorridos conforme a bibliografia e classificá-los por volume de ocorrência;
- b) Mensurar o impacto financeiro gerado aos empreendimentos, decorrentes dos eventos de riscos de aspectos físicos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Cenário da geração de energia no Brasil

O desenvolvimento econômico de uma região tem relação direta com o aumento do consumo de energia. De acordo com Tolmasquim, Guerreiro e Gorini (2007), no decorrer do último século o Brasil sofreu intensificação da demanda de energia devido ao desenvolvimento econômico, significativo processo de industrialização, expansão demográfica e crescimento da taxa de urbanização. Os autores ressaltam, ainda, que economias com acesso a fontes de energia com menores índices de impacto ambiental, alinhadas ao baixo custo, tendem a se destacar em virtude da crescente necessidade de proteção ambiental. O aumento expressivo do consumo de energia pode ser verificado na Figura 1 a seguir:

Figura 1 - Demanda de Consumo Final de Energia

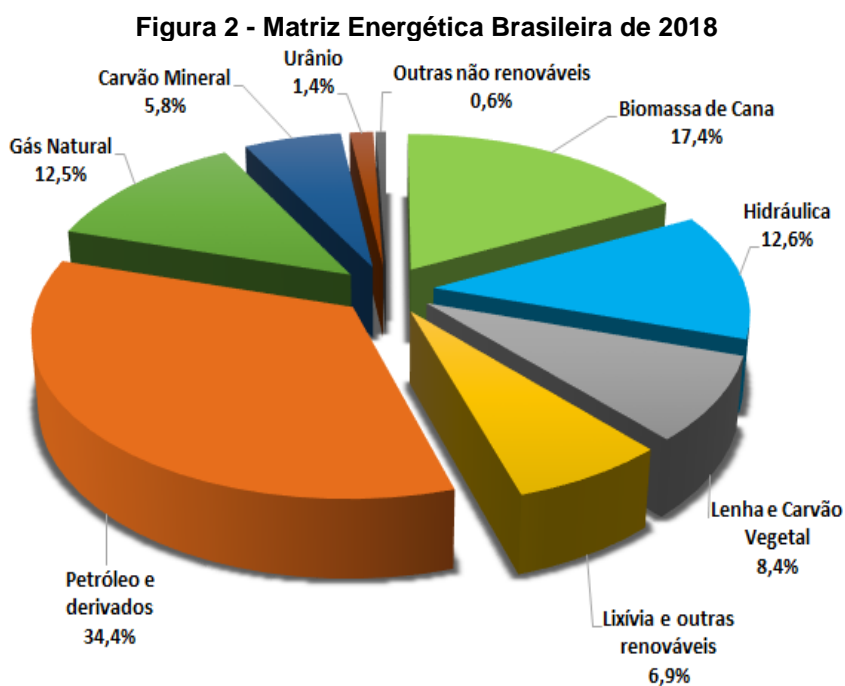
Fonte: Adaptado de EPE (2019a).

Com a finalidade de atender a cadeia de processo produtivo de um país, adota-se uma gama de recursos energéticos. No processo de mapeamento da demanda energética do Brasil, utiliza-se a Matriz Energética Nacional, com o objetivo de apresentar os principais recursos primários e secundários empregados para suprir a demanda energética nacional. Os recursos primários são aqueles disponíveis na natureza e que dispensam qualquer método de transformação, possibilitando seu uso direto além de servir como fonte para os recursos secundários, estes por sua vez são produzidos através de uma matéria prima (fonte primária) ou recurso físico (MARCOCCIA, 2007).

É imprescindível para o país dispor de diversas fontes de geração de energia em sua matriz energética, visando garantir estabilidade no fornecimento de energia necessária para seu desenvolvimento. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2007), tal diversificação vem sendo observada na matriz energética brasileira. Ademais, o mesmo órgão cita que em 1970, o petróleo e a lenha eram responsáveis por 78% do abastecimento da demanda de energia do país. Com o passar dos anos este cenário começou a sofrer alteração e em 2005, a energia hidráulica assim como produtos da cana passaram a compor o quadro energético

do país, sendo os quatro energéticos principais (citados acima) responsáveis por 80,3% da matriz energética nacional.

No ano de 2018, segundo a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2019a) a energia hidráulica representou 12,6% da matriz energética nacional, conforme a Figura 2 a seguir:

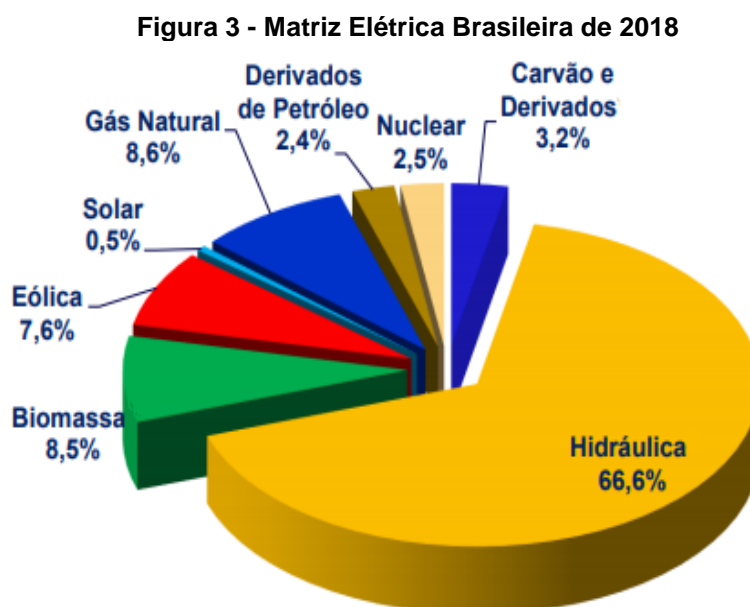


Fonte: Adaptado de EPE (2019a).

De acordo com Silva (2006), são denominadas fontes de energia não - renováveis aquelas cujo a quantidade disponível na natureza é de grandeza limitada, como por exemplo: o petróleo. Por outro lado, as fontes renováveis são aquelas encontradas na natureza de forma abundante e após o processo de geração retornam para a natureza, como: a água. Segundo Salino (2011), como forma de estimular a geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis, como as pequenas centrais hidrelétricas, em 2002 o governo brasileiro iniciou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA).

Diferente da matriz energética que apresenta o grupo de fontes de energia necessária para suprir o consumo de energia como um todo, conforme a EPE (2019), a matriz elétrica contém somente as fontes de produção de energia elétrica. Neste quesito, as fontes renováveis se destacam na matriz elétrica brasileira. Tal destaque ocorre em virtude das usinas hidrelétricas, que em 2018 foram

responsáveis por 66,6% da geração de energia elétrica nacional, de acordo com a Figura 3 abaixo:



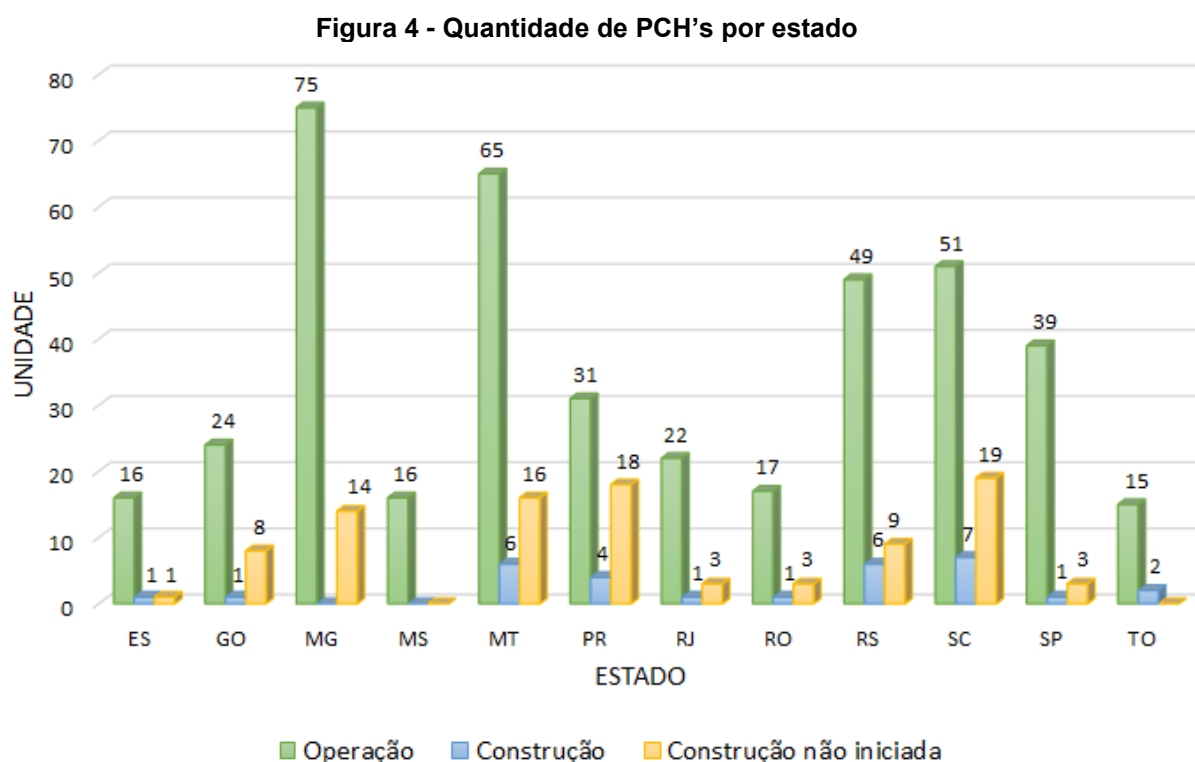
Fonte: Adaptado de EPE (2019a).

2.1.1 Cenário das PCH's no Estado de Santa Catarina

A geração de energia elétrica por meio de Pequenas Centrais Hidrelétricas apresenta forte influência no consumo de energia do estado Catarinense, Andrade (2010) evidencia a notoriedade de Santa Catarina no ranking de estados brasileiros com a presença de Pequenas Centrais Hidrelétricas, seja no quesito geração, construção ou empreendimentos outorgados. Tal destaque é resultado da capacidade que o estado apresenta em prover os recursos necessários para atender todas as etapas de implantação destes empreendimentos, desde mão de obra até equipamentos utilizados na operação das PCH's.

Outros fatores que favorecem a implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas no estado de SC, são as características hidrográficas e hidrológicas. Sobre este ponto, a Secretaria de Estado do Planejamento - SPG (2016, p.122) informa que “a rede hídrica do Estado de Santa Catarina é rica e bem distribuída. Na Vertente do Interior os rios apresentam, via de regra, perfil longitudinal com longo percurso e com inúmeras quedas d'água, o que evidencia o potencial hidrelétrico na região”.

De acordo com dados disponibilizados pela ANEEL (2019), o estado apresenta 520.066 kW oriundos de PCH's em operação, 64.540 kW de empreendimentos em construção e conta ainda com 218.216 kW de projetos com construção não iniciada. No quesito potência de operação instalada, esta fonte de energia assume a terceira posição entre as demais fontes utilizadas no estado, ficando atrás apenas das usinas hidrelétricas e usinas termoeletricas. Nos quesitos empreendimentos com construção iniciada e não iniciada, as PCH's aparecem em primeiro lugar em ambos os quesitos. A Figura 4 expõe os estados brasileiros com maior volume de PCH's, Santa Catarina assume posição de destaque em todos os quesitos considerados, somando um total de 77 empreendimentos, operando, em construção ou não.



Fonte: Adaptado de ANEEL (2019a).

2.1.2 Leilão de Energia

Visando atender à crescente demanda de energia elétrica proveniente do desenvolvimento do país, de acordo com Salino (2011, p.2) em 2004 governo

brasileiro regulamentou “que a contratação de energia elétrica para cobertura do consumo no ambiente regulado e para a formação de lastro de reserva deverá ser feita através de leilões públicos específicos”.

Dentre as modalidades de leilões existentes, destacam-se para este estudo, os leilões de fontes alternativas, energia de reserva e energia nova. A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE (2019) denota as definições destas modalidades. O leilão de fontes alternativas foi criado com o intuito de ampliar a atuação de fontes renováveis na matriz energética brasileira, entre elas, Pequenas Centrais Hidrelétricas e energia eólica. Criado para assegurar o abastecimento de energia no Sistema Interligado Nacional, o leilão de energia de reserva prevê a contratação de energia oriunda de usinas, já existentes ou não. Os leilões de energia nova, assim como a modalidade anterior visa atender a demanda das distribuidoras, nesta modalidade a venda e contratação de energia acontece exclusivamente para usinas que ainda serão implantadas, este se divide entre A-5 e A-3, empreendimentos com início de operação comercial em 5 e 3 anos respectivamente.

Cavalcante e Silva (2008) ressaltam a existência de dois ambientes de contratação de energia usados nos leilões, são estes: Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e Ambiente de contratação Livre (ACL). No primeiro ambiente, estão autorizados a participar dos leilões apenas distribuidoras e agente de distribuição, já no segundo ambiente (ACL), além dos agentes de geração, participam também os comercializadores, consumidores livres, importadores e exportadores de energia.

O processo de leilão de energia se inicia com a manifestação das distribuidoras de energia elétrica no Ministério de Minas e Energia (MME), nesta etapa, é alegado a necessidade de expansão da oferta de energia elétrica, tal energia será contratada por meio de leilões. Por sua vez,

Todos os leilões de energia no Brasil são organizados pela CCEE e ANEEL. O Ministério de Minas e Energia, além de definir a data dos leilões, fixa um preço máximo para o MWh, referente ao tipo de fonte energética – hídrica ou térmica – a ser oferecido pelas geradoras, que entram em “pool” (oferta não individualizada). A prioridade é sempre daquele vendedor que pratica o menor preço, sempre menor ou igual ao preço teto pré-estabelecido. (NEVES, BARBOSA, 2014, p. 14).

2.2 Pequena Central Hidrelétrica - PCH

As Pequenas Centrais Hidrelétricas são projetos de engenharia semelhantes a usinas hidrelétricas, porém se diferenciam devido ao porte inferior dos empreendimentos. Ambas são fontes de geração elétrica que tem como princípio o aproveitamento do potencial hídrico. De acordo com a Associação Brasileira de PCH's e CGH's - ABRAPCH (2019), toda usina hidrelétrica com potência entre 5 e 30 MW e reservatório inferior a 13 Km² é classificada como pequena central hidrelétrica. Diferente das grandes usinas hidrelétricas, existe a possibilidade de implantação de PCH's próximo dos centros consumidores, respeitando os devidos estudos de impactos exigidos.

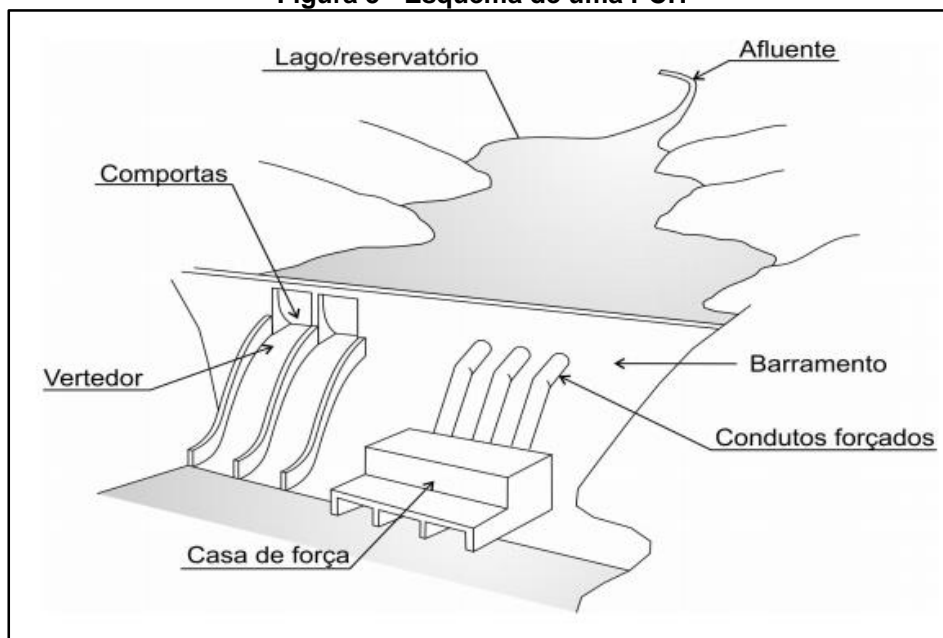
O sistema de operação de uma PCH é análogo ao de uma grande usina hidrelétrica (UHE), no entanto segundo Mello (2010) sua implantação causa menor impacto ambiental e permite a descentralização da geração de energia. As PCH's são implantadas em rios de pequeno e médio porte que disponham de desníveis consideráveis, sua viabilidade é avaliada através do potencial hídrico do rio, projeto de capacidade de geração e custo do empreendimento.

Borges (2015) ressalta que a geração de energia através do potencial hidráulico de rios e córregos vem sendo utilizada desde a antiguidade por meio dos chamados moinhos e rodas d'água. Normalmente construídas de madeiras, as rodas d'água eram rotacionadas devido a passagem de água por entre as suas pás, gerando a movimentação das pedras de moer, tecnologias semelhantes eram utilizadas também em serviços como: marcenaria e movimentação de equipamentos e produtos. De acordo com Souza (2011) as atuais turbinas hidráulicas utilizadas nas centrais hidrelétricas capazes de gerar watts de potência são o resultado da evolução das rodas d'águas que surgiram na antiguidade.

Conforme a ANEEL (2008), nos projetos de geração de energia hidrelétrica o fluxo de água atua como o fator gerador de energia, devido a sua passagem por uma turbina hidráulica que inicia o processo de geração. Diferente do que acontece com as usinas termelétricas, as obras civis dos projetos hidrelétricos apresentam igual ou maior importância que os equipamentos instalados, tornando-se

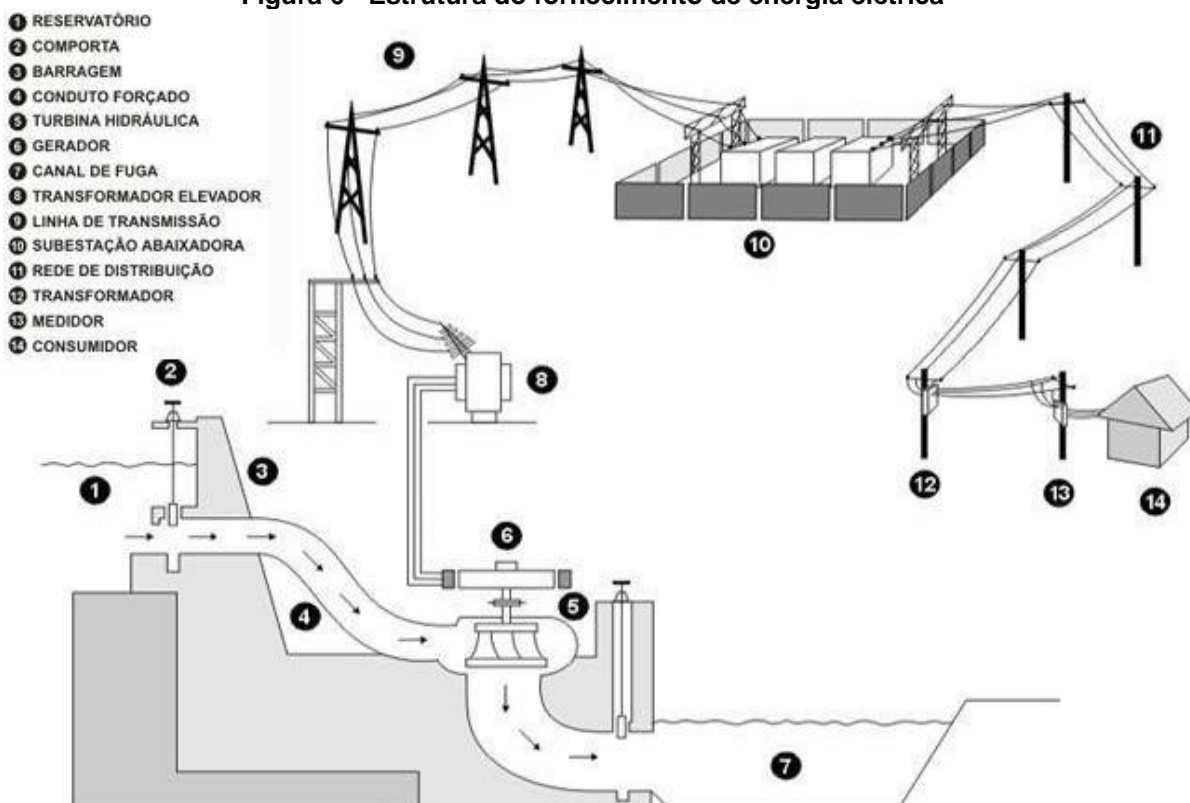
fundamental a atuação da chamada indústria da construção pesada. Como pode ser observado nas Figuras 5 e 6 abaixo, a estrutura de uma PCH é constituída basicamente por uma barragem, um sistema de captação e adução de água, a casa de força e o vertedouro.

Figura 5 - Esquema de uma PCH



Fonte: Adaptado de Mees (2019).

Figura 6 - Estrutura do fornecimento de energia elétrica



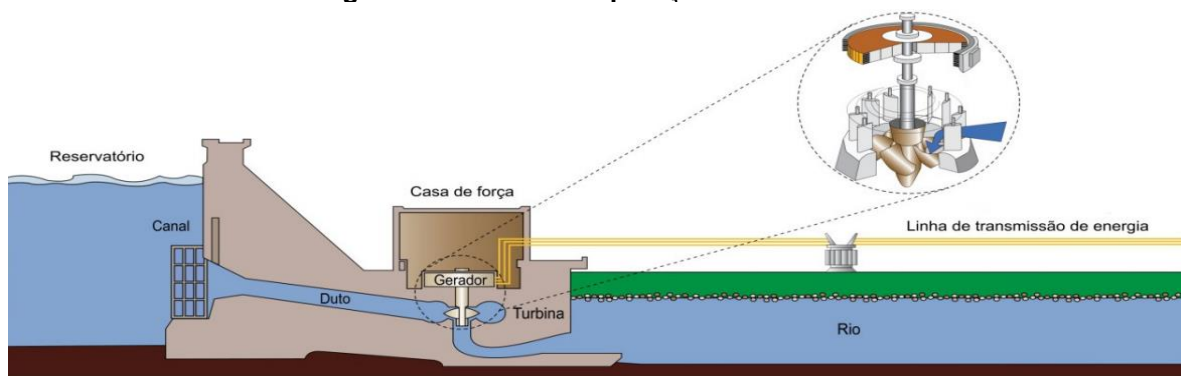
Fonte: Adaptado de Eletrobrás Furnas (2010).

2.2.1 Operação

O processo de operação de uma Pequena central hidrelétrica é semelhante a operação de uma Usina Hidrelétrica, segundo a empresa privada Quanta Geração S.A. ¹(2014) que possui controle acionário de PCH's em estados brasileiros, a operação de uma PCH se inicia com o represamento do rio por meio de uma barragem, a água represada passa pelas comportas da mesma e através do canal de adução chega com maior velocidade até a casa de forças da PCH, local se encontra a turbina hidráulica instalada, esta é rotacionadas pela passagem da massa de água, transformando a energia hidráulica em energia mecânica. A energia transformada é responsável por acionar um gerador, originando a corrente elétrica, esta é transportada por meio de cabos até uma subestação e inicia o processo de distribuição de energia elétrica. Toda água utilizada do processo de geração de energia é devolvida ao rio sem perda de suas características originais. A Figura 7 ilustra o processo de operação de uma PCH. Ademais, o autor ressalta ainda que:

[...] a energia gerada na PCH é direcionada para o Sistema Interligado Nacional (SIN) e o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), que decide o destino da energia gerada de forma a atender as necessidades nacionais. (Quanta Geração S.A., 2014, p.1).

Figura 7 - Sistema de operação de uma PCH



Fonte: Adaptado de ANEEL (2008).

¹ Disponível em: < <http://www.quantageracao.com.br/files/Informativo-PCH.pdf> > Acesso em: 10 out. 2019.

2.2.2 Vantagens e benefícios

As Pequenas Centrais Hidrelétricas apresentam algumas vantagens em relação a outras fontes de geração de energia utilizadas no país, o Programa Catarinense de Energias limpas (2019) cita algumas características que tornam as PCH's um modelo sustentável de geração de energia, são estas: O uso de fonte renovável para a geração de energia, o baixo impacto ambiental devido à reduzida área de reservatório, se comparada às usinas de geração de maior porte, normalmente apresenta menor prazo de construção, localização próxima ao centro consumidor, baixo nível de emissão de CO₂ e os benefícios socioambientais devido aos estudos para o licenciamento.

Além dos aspectos relacionados a questões ambientais, no contexto regulatório a implantação de PCH's também apresenta algumas vantagens e benefícios concedidos pela ANEEL como forma de incentivo, são estes:

1. Autorização não-onerosa para explorar o potencial hidráulico (Lei no 9.074, de 7 de julho de 1995, e Lei no 9.427, de 26 de dezembro de 1996);
2. Descontos superiores a 50% nos encargos de uso dos sistemas de transmissão e distribuição (Resolução no 281, de 10 de outubro de 1999);
3. Livre comercialização de energia para consumidores de carga igual ou superior a 500 kW (Lei no 9.648, de 27 de maio de 1998);
4. Isenção relativa à compensação financeira pela utilização de recursos hídricos (Lei no 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e Lei no 9.427, de 26 de dezembro de 1996);
5. Participação no rateio da Conta de Consumo de Combustível – CCC, quando substituir geração térmica a óleo diesel, nos sistemas isolados (Resolução no 245, de 11 de agosto de 1999);
6. Comercialização da energia gerada pelas PCHs com concessionárias de serviço público, tendo como limite tarifário o valor normativo estabelecido pela Resolução no 22, de 1o de fevereiro de 2001. (ANEEL, 2002, p.42).

2.2.3 Processo de aprovação e implantação de PCH's

Buscando assegurar o desempenho ótimo das PCH's, o processo de aprovação desses empreendimentos se inicia com uma série de estudos a fim de investigar as condições do local onde a PCH será implantada. De acordo com a ANEEL (2016), o primeiro passo para a aprovação de um projeto de PCH é a determinação do aproveitamento ótimo dos rios, para isto, é realizado o estudo de inventário hidrelétrico, este é apresentado pelo empreendedor e contém estudos

cartográficos, hidrológicos, partição de quedas, entre outros. Tal inventário passa pela aprovação da ANEEL e é disponibilizado no centro de documentação da mesma. Após este processo, com a autorização da ANEEL, o empreendedor estará habilitado a elaborar o projeto básico da PCH. Este será apresentado à agência, juntamente com o sumário executivo do projeto, no qual consiste em uma síntese dos dados mais importantes referentes ao uso do potencial hidráulico do projeto básico agrupados em uma planilha.

Segundo o manual de diretrizes para projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas publicado pela Eletrobrás (2019), a fase de planejamento da construção e montagem do empreendimento, deve considerar as obras de desvio do rio, a implantação do canteiro de obras, o processo de montagem dos equipamentos e os acessos ao empreendimento. A partir desses estudos, busca-se definir o cronograma de implantação da obra. Para o presente estudo, será considerado relevante, os aspectos relacionados ao desvio do rio e os acessos à obra. O Quadro 1 expõe o conteúdo presente no manual de diretrizes.

Quadro 1 - Diretrizes para projeto de PCH

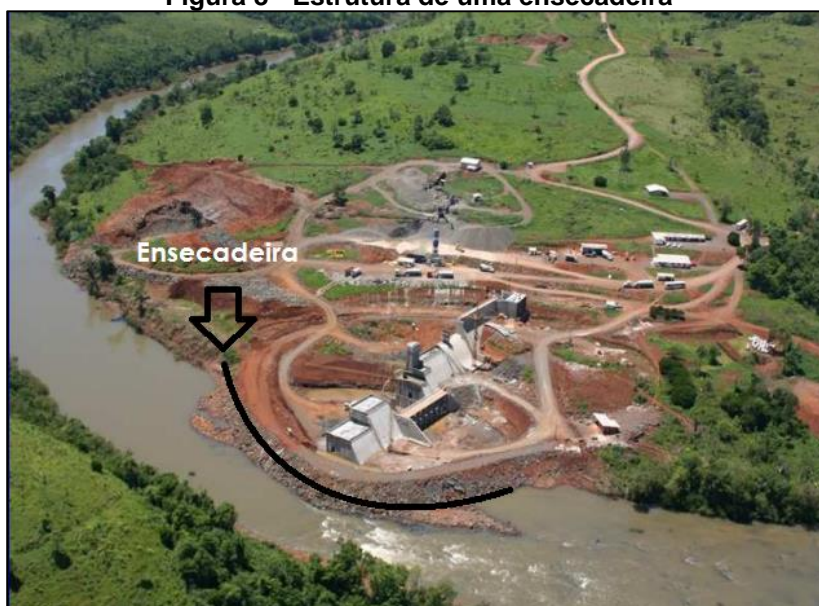
DIRETRIZES PARA PROJETO DE PCH				
ETAPA	FUNÇÃO	ESTUDOS BÁSICOS		
Desvio do Rio	Desviar o rio por meio de ensecadeiras para possibilitar a construção de estruturas, como: vertedouro, muros, casa de força e barragem.	Estudos Topográficos: função de definir as cotas de níveis.	Estudos Hidrológicos: Visa caracterizar os períodos úmidos e secos, e a determinação da descarga de projeto do desvio e dos riscos a serem assumidos nas fases de desvio. É importante ressaltar que o risco assumido nesta etapa estará diretamente relacionado com os volumes das ensecadeiras, afetando todo o processo de planejamento e construção.	Estudos Geológico-Geotécnicos: Verificação das condições das fundações, como: presença de solos aluvionares (necessidade de remoção para assentar as ensecadeiras). Análise da disponibilidade de materiais naturais de construção e da necessidade de materiais processados, em quantidade e com as características necessárias para a execução das ensecadeiras. Nesta etapa devem ser definidas as áreas de empréstimo (jazidas) de solos e de pedreiras.
Estradas de Acesso	Possibilitar o acesso ao empreendimento, deve ser obrigatoriamente considerado em todas as fases do empreendimento.	O acesso é identificado nas fases de estudos preliminares e nos estudos de planejamento da construção. Nos estudos finais é necessário ter uma avaliação precisa das condições de acesso ao local da PCH, incluindo projeto e custo. Em alguns casos, devido a necessidade de acesso muito longo, mesmo em nível de estrada de serviço, poderá ocorrer ônus significativo no orçamento global do empreendimento. Nota-se que, normalmente, é considerada apenas melhorias de acessos secundários já existentes. Destaca-se que estes acessos devem ter condições de tráfego durante o ano todo, incluindo períodos chuvosos. Os pontos críticos, identificados ao longo do traçado, devem, pelo menos, ser convenientemente drenados e protegidos com cascalho.		

Fonte: Adaptado de Eletrobras (2019).

Os riscos hidrológicos assumidos em projetos de PCH's são calculados considerando o tempo de duração da etapa de desvio do rio e o tempo de recorrência. É recomendado considerar o tempo de recorrência igual a 10 anos, quando se julgar necessário, esse período pode ser ajustado, com a finalidade de se adequar às características de cada projeto. (ELETROBRAS, 2019).

De acordo com a EPE (2010), as ensecadeiras são construções temporárias, com a finalidade de criar uma região de trabalho seca, necessária para obras submersas. Nas obras de Pequenas centrais Hidrelétricas, esta estrutura é utilizada para auxiliar a construção do vertedouro, da casa de força e da barragem. A Figura 8 apresenta a utilização de uma ensecadeira.

Figura 8 - Estrutura de uma ensecadeira



Fonte: Adaptado de Carvalho (2011).

Embora sejam considerados projetos de menor porte quando comparados com outros empreendimentos, como as usinas hidrelétricas, os projetos de PCH's são complexos e sua implantação não é simples. Muitas vezes, devido a necessidade de assegurar a viabilidade econômica do projeto, os orçamentos são enxutos, o que implica normalmente na otimização de investimentos relacionados a pesquisas e detalhamento do projeto. (CASTRO, 2008).

Com relação a viabilidade econômica dos projetos de engenharia, Goldman (2004) destaca que o sucesso de um projeto está diretamente relacionado ao estudo detalhado do orçamento, do cronograma e da viabilidade econômica do

empreendimento. O mesmo autor expõe ainda que através da viabilidade econômica é possível identificar os custos, as despesas e as margens de lucro que o projeto apresenta. De acordo com Galesne et al. (1999 *apud* BAUERMANN, 2014) nesta etapa é realizada a coleta de informações quanto aos recursos necessários e disponíveis para a implantação do empreendimento, assim como a estimativa dos fluxos de caixa do projeto e a possibilidade de se obter recursos para a implantação do mesmo.

Para Santos (2010), no âmbito dos empreendimentos de PCH's, a viabilidade econômica do projeto está relacionada com o preço pelo qual a energia será vendida e os investimentos realizados por MWh gerado. Outros fatores que influenciam nos cálculos da viabilidade econômica do empreendimento são: a rentabilidade, os encargos dos financiamentos, as despesas operacionais e administrativas e o tempo de execução do projeto. O mesmo autor ressalta ainda que a precisão da análise da viabilidade econômica do projeto está sujeita ao método de cálculo utilizado para tratamento dos dados, no decorrer da análise é realizada a projeção econômico-financeira do período de vida útil do projeto. Os métodos de análise se dividem basicamente em métodos práticos e métodos analíticos, dentre estes, o segundo grupo apresenta maior confiabilidade nos resultados, uma vez que seu estudo considera o valor da moeda no tempo, possibilitando uma avaliação mais assertiva.

2.3 Gerenciamento de projetos de infraestrutura

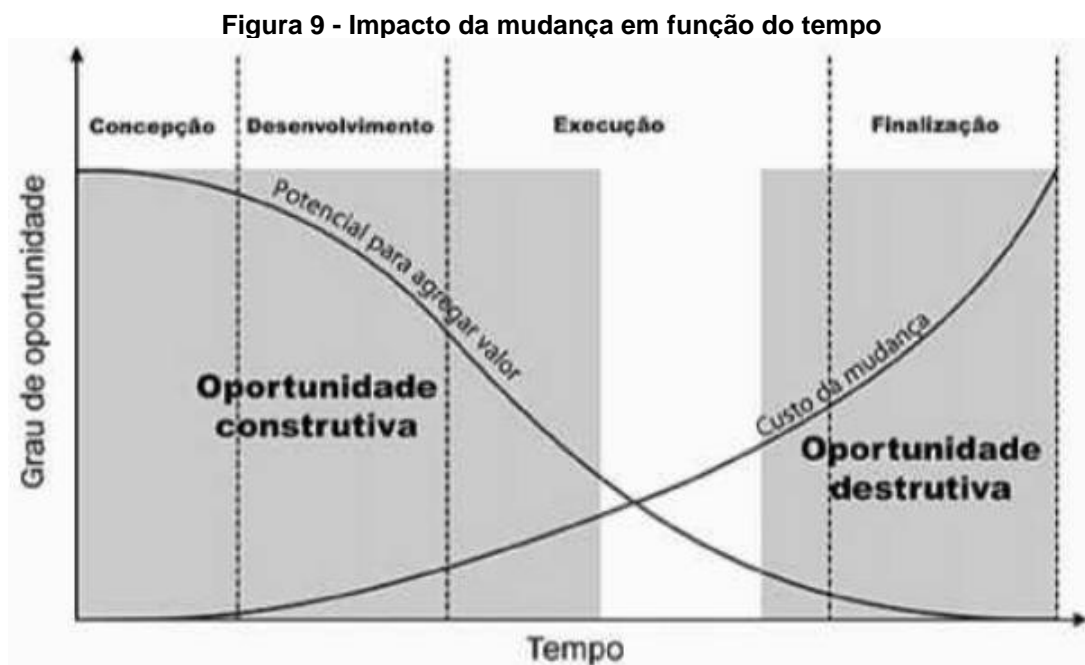
O gerenciamento de projetos é uma ferramenta relevante para os projetos de infraestrutura, este é um dos responsáveis por viabilizar a entrega do empreendimento, respeitando o prazo, o custo, a qualidade e o escopo do projeto, requisitos esperados pelo empreendedor. Em casos de empreendimentos de Pequenas Centrais Hidrelétricas, não é diferente, segundo Alves e Ferreira (2006), aditivos no cronograma de implantação da obra resultam conseqüentemente, no atraso do início da operação comercial, gerando ônus ao empreendedor devido ao não recebimento das receitas provenientes da venda de energia e a aplicação de multas, previsto em contrato em casos do não fornecimento da energia contratada

em leilão. Estas questões, tornam o prazo de entrega da obra um dos quesitos primordiais nesses empreendimentos.

Para Catarina (2008, p. 21) o gerenciamento de projetos envolve “todos os procedimentos de planejamento, execução e controle das atividades técnicas e de suporte do projeto”. O mesmo autor cita ainda que, os investidores do empreendimento criam expectativas relacionadas ao retorno dos investimentos realizados e em relação aos riscos que o projeto apresenta. Neste contexto, faz-se necessário que gestores e investidores participem do desenvolvimento do empreendimento, a fim de assegurar que as expectativas sejam atingidas. O gerenciamento de riscos é uma ferramenta essencial em todas as etapas de implantação do projeto e deve ser aplicada por ambos os agentes (gestores e investidores), o seu resultado está relacionado com o planejamento e controle do projeto. Sendo assim, o processo de planejamento de projetos é de suma importância na construção civil, uma vez que:

Planejar é antever as diversas possibilidades que o futuro reserva, identificando atividades e estimando os esforços necessários para atingir as situações desejadas, verificando as possibilidades indesejadas e analisando a conveniência ou não de implementar o planejando. Planejar é preciso. Embora o planejamento não possa garantir o sucesso de um projeto, a falta de planejamento pode praticamente decretar a sua falha. (DEVIR, 2003 *apud* CATARINA, 2008, p. 29).

Mattos (2010) ressalta que o planejamento e controle do projeto são fatores importantes para assegurar que indicadores, como: prazo, custo e retorno dos investimentos sejam atingidos. Esses fatores auxiliam na tomada de decisões, mudanças que ocorrem na fase de concepção do projeto tendem a apresentar custos relativamente baixos e permitem ajustes no cronograma de implantação da obra, por outro lado, mudanças durante a fase de execução das obras, resultam normalmente em custos elevados, não previstos no orçamento e conseqüentemente no atraso do prazo de conclusão empreendimento, devido à dificuldade de ajustar o cronograma da obra no decorrer das etapas de execução e finalização do mesmo. Estes aspectos podem ser observados com maior clareza na Figura 9.



Fonte: Adaptado de Mattos (2010).

2.3.1 Tipos de contratação de projetos de PCH

Existem diversas formas de se contratar a implantação de um projeto de PCH, cabe ao empreendedor decidir se deve assumir os riscos relativos à implantação ou se deve transferi-los. As formas de contratação mais comuns são conhecidas como: Engineer Procure Construct - EPC, Design Build - DB e Design Bid Build - DBB. O primeiro é uma tendência no mercado, segundo Oliveira et al. (2005), neste modelo a fiscalização e o controle das etapas de implantação do empreendimento são transferidos a profissionais com experiência sob a supervisão do proprietário, caracterizando a gestão técnica do projeto, realizada pela engenharia do proprietário.

De acordo com Xavier (2004), o modelo EPC consiste em contratar a implantação por um preço fixo e irrevogável, porém será cobrada uma taxa de contingência por meio da contratada, visto que esta irá assumir os riscos presentes na implantação do projeto, assim como se responsabilizará pela entrega do empreendimento, operando e no prazo previsto. No modelo DB o empreendedor contrata uma empresa responsável pelo projeto executivo e pela construção da obra, esse cenário possibilita que o contratante supervisione apenas um agente (contratada), a forma de pagamento ocorre por preço global assegurado por meio

de fiança bancária e seguro, neste modelo tanto a contratante como a contratada assumem riscos. Na modalidade DBB, segundo R.W Beck (2002 *apud* XAVIER, 2004) o empreendedor assume a maior parte dos riscos do empreendimento, este fica responsável por gerenciar todas as fases do empreendimento, contratando cada serviço separadamente.

Alves e Ferreira (2006) mencionam que nos contratos do modelo EPC, em que a contratada assume os riscos pela implantação do empreendimento, está sendo cada vez mais usual a elaboração de um documento que limita o nível de risco geológico assumido pela mesma. Tal medida tem o intuito de resguardar a contratada, evitando que esta tenha que assumir despesas além do estimado, visto que, os riscos geológicos muitas vezes são responsáveis por altos aditivos no que se concerne ao cronograma e ao orçamento do empreendimento.

2.3.2 Riscos relacionados aos projetos de PCH's

Por serem implantados normalmente em locais de difícil acesso, com mata fechada e pouco ou nenhum acesso da população, os projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas são comumente submetidos a riscos de implantação provenientes de aspectos físicos, gerados devido à dificuldade de se obter as informações necessárias para um projeto bem detalhado. O Project Management Institute (2004, p.8) define os riscos de projeto como “um evento ou condição incerta que, se ocorrer, terá um efeito positivo ou negativo sobre pelo menos um objetivo do projeto”.

Neves e Babosa (2014) enfatizam que os riscos envolvidos em projetos podem ocorrer devido a várias fontes e os impactos gerados ao empreendimento podem afetar o orçamento, o cronograma, a qualidade e o escopo do empreendimento. Em casos de obras de geração de energia hidrelétrica, em que os níveis de incertezas são elevados devido à complexidade de coletar os dados necessários para o detalhamento do projeto, os riscos devem ser controlados, caso contrário podem resultar na inviabilização do empreendimento.

Neste estudo, será considerado como aspectos físicos, a definição apresentada por Rocha (2006), no qual são caracterizados como: fatores relacionados ao regime hidrológico e hidráulico, topografia, geologia e localização.

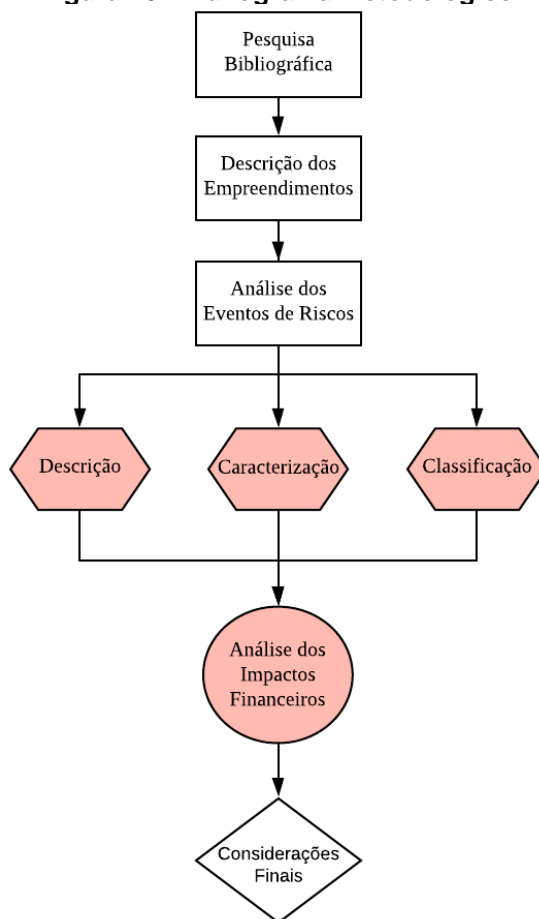
Para o autor, nas obras de desvio de rio (necessário em projetos de PCH) os riscos de falhas sempre se fazem presentes, cabe aos envolvidos definir qual o nível de risco aceitável para o projeto. Ademais, o autor expõe ainda que é habitual nestes empreendimentos assumir altos riscos, visto que, quanto maior o nível de risco assumido, menor será o custo do projeto, entretanto, em caso de imprevistos, como por exemplo, a geração de uma onda artificial em épocas de cheia, os danos podem ser exorbitantes, resultando em aditivos no custo e prazo da obra e até mesmo em perdas humanas.

Dentre os riscos físicos assumidos em projetos hidrelétricos, Bonomi e Malvessi (2004) apresentam as características dos riscos geológicos, hidrológicos e arqueológicos. De acordo com os autores, os riscos geológicos resultam no encarecimento das obras de fundação da barragem, devido a presença de materiais não identificados nos estudos de sondagem realizados na etapa de projeto. Os riscos hidrológicos existem tanto durante como após a fase de implantação do empreendimento, este risco está relacionado a vazão de água do rio, na fase de implantação a vazão além da esperada pode causar danos devido ao dimensionamento incorreto das ensecadeiras, que por sua vez não conseguem suprir o volume de água. Após a implantação do projeto, o risco está na presença de vazão inferior a estimada em projeto, causando detrimento na fase de geração e comercialização da energia. Os riscos arqueológicos estão relacionados ao descobrimento de sítios arqueológicos durante a fase de implantação do empreendimento, resultando em atrasos na construção e suplementação no orçamento do projeto, quando necessário a alteração do mesmo.

Castro (2008) ressalta que os riscos geológicos podem causar grande impacto na implantação de projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas, por característica, esses projetos tendem a disponibilizar de curto prazo de implantação e orçamento enxuto (como citado anteriormente), o que resulta em projetos com baixos níveis de detalhamento geológico e leva os empreendedores a assumir riscos. Tais riscos são discutidos durante as etapas do projeto e fechamento de contratos, no entanto, uma vez que ocorre algum imprevisto relacionado a estes riscos durante as fases da obra, o tempo e custo despendidos são muito mais elevados, devido ao impacto causado ao cronograma e orçamento da obra.

3 METODOLOGIA

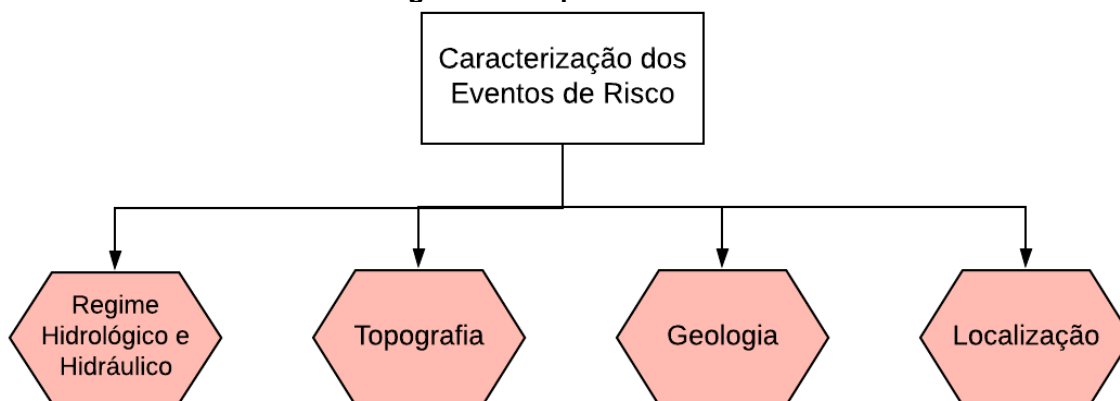
Caracterizado como estudo de caso, esta pesquisa consiste na descrição e análise de eventos de riscos com aspectos físicos ocorridos durante a implantação de 4 projetos contemporâneos de Pequenas Centrais Hidrelétricas, localizadas no estado de Santa Catarina. A metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa é classificada como qualitativa e quantitativa. Os dados referente aos projetos, necessários para a realização do estudo, como: descrição dos empreendimentos, orçamento inicial e aditivos, foram obtidos pela autora através do estágio profissionalizante realizado em uma organização financeira que atua como agente financiador, no mercado de PCH's, Tais informações foram coletadas no decorrer do período de implantação dos projetos, através de fiscalizações e relatórios de acompanhamento, com a finalidade de comprovar os investimentos efetuados. Os 4 empreendimentos em estudo foram selecionados devido a riqueza de detalhamento e informações disponibilizadas. É importante ressaltar que não foi autorizado a autora, divulgar a identificação do agente financiador, assim como a identificação da amostra de projetos utilizados neste estudo. A Figura 10 apresenta o fluxograma metodológico aplicado para o desenvolvimento da presente pesquisa.

Figura 10 - Fluxograma Metodológico

Fonte: Autora.

O capítulo 2 desta pesquisa compreende toda a análise bibliográfica realizada para o embasamento teórico necessário para desenvolvimento do estudo. O capítulo 3, em questão, apresenta a metodologia utilizada e informações consideradas relevantes para o desenvolvimento da pesquisa. Ademais, são apresentadas ainda as características dos empreendimentos, no que se diz respeito a fatores, como: área edificada e a área de reservatório dos mesmos. No capítulo 4 é realizada primeiramente a descrição de cada evento de risco, bem como, a ilustração dos danos causados às obras. Em seguida, estes são caracterizados conforme a natureza de aspectos físicos a que pertencem. Como conceituado no tópico 2.3.2 deste estudo, os aspectos físicos no qual os eventos são devidamente caracterizados estão apresentados na Figura 11 a seguir:

Figura 11- Aspectos Físicos



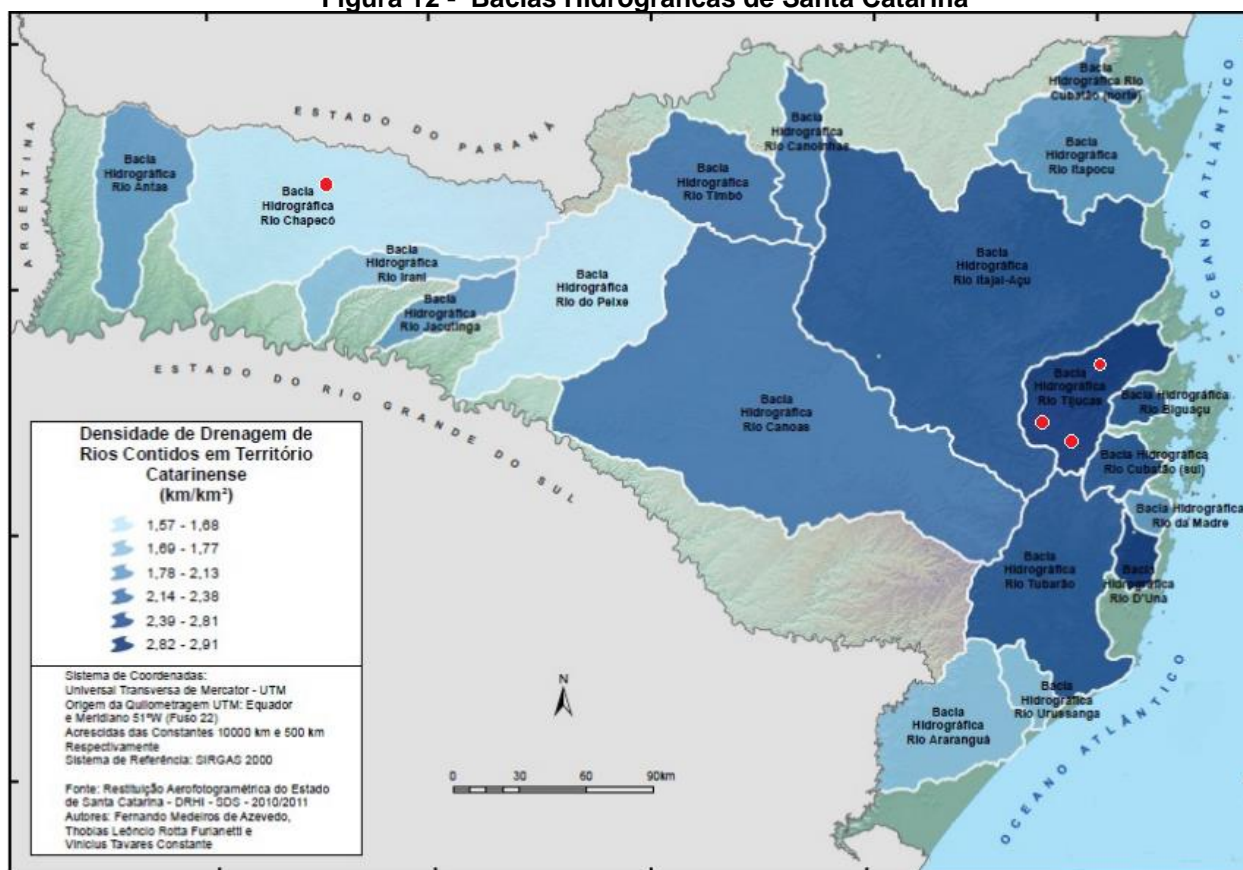
Fonte: Autora.

Após a caracterização, no mesmo tópico, é realizada a comparação entre os empreendimentos e os eventos são classificados de acordo com o volume de ocorrência, o resultado é apresentado por meio de um gráfico circular, para facilitar a visualização dos aspectos físicos que mais influenciam nas obras de implantação de pequenas Centrais Hidrelétricas. No tópico seguinte, os dados orçamentários obtidos através do agente financiados são expostos e, a partir disto, é realizado o detalhamento e análise dos custos que envolvem os eventos de riscos em estudo. Por fim, o capítulo 5 apresenta as considerações finais desta pesquisa.

3.1 Descrição dos empreendimentos

Caracterizados como Pequenas Centrais Hidrelétricas, os quatro empreendimentos de geração de energia elétrica que compõem a amostra analisada neste estudo, são identificados como: A, B, C e D. Localizados no estado de Santa Catarina, contribuem para o abastecimento da demanda de energia elétrica do estado, visto que, já se encontram em fase de operação. A Figura 11 ilustra a região onde os projetos foram implantados, assim como as Bacias Hidrográficas em que pertencem.

Figura 12 - Bacias Hidrográficas de Santa Catarina



Fonte: Adaptado de SDS (2020).

Como pode ser observado na imagem acima (indicado por círculos), os empreendimentos estão localizados no Oeste e no Leste catarinense, sendo três projetos situados na região da Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas e um pertencente a Bacia Hidrográfica do Rio Chapecó.

As informações referentes às características dos projetos, obtidas através do agente financiador, como forma de possibilitar a compreensão dos projetos a serem analisados, são apresentadas no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2 - Descrição dos Empreendimentos

Descrição dos Empreendimentos					
Empreendimento	Localização	Bacias Hidrográficas	Área de Reservatório (ha)	Área Edificada (m ²)	Situação
Projeto A	Leste Catarinense	Bacia do Rio Tijucas	2,53	199	Concluído
Projeto B	Leste Catarinense	Bacia do Rio Tijucas	2,07	95,2	Concluído
Projeto C	Oeste Catarinense	Bacia do Rio Chapecó	57,00	432	Concluído
Projeto D	Leste Catarinense	Bacia do Rio Tijucas	5,83	309	Concluído

Fonte: Autora.

Dentre as informações apresentadas no quadro acima, destaca-se que a área edificada de cada empreendimento compreende a área da casa de força das PCH's, assim como, a área de reservatório contabiliza também a área da calha do rio, uma vez que, os reservatórios tendem a seguir o curso natural destes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados os eventos de riscos acometidos por cada empreendimento, assim como a caracterização e a classificação destes de acordo com os aspectos físicos e o volume de ocorrência, respectivamente. Ademias, são expostos os dados financeiros obtidos e, por meio destes, é realizada a análise dos impactos financeiros causados aos empreendimentos através da representatividade do aditivo financeiro frente ao orçamento original.

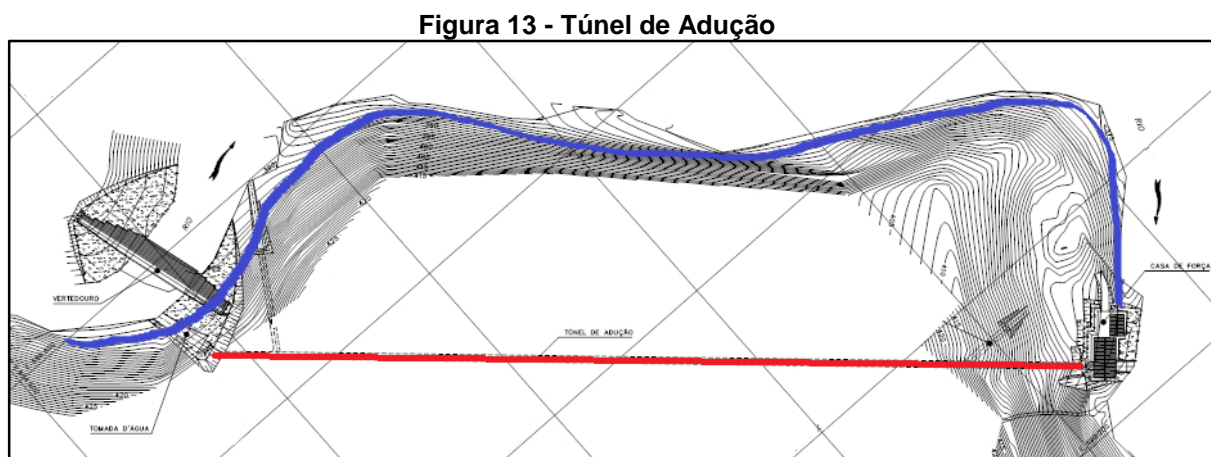
4.1 Análise dos eventos de riscos

Com o propósito de possibilitar a compreensão de cada caso em estudo, este tópico tem como objetivo descrever os eventos de riscos com aspectos físicos ocorridos durante a fase de implantação dos quatro projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas.

4.1.1 Empreendimento A

Dentre os diversos elementos que constituem uma Pequena Central Hidrelétrica, destaca-se neste projeto as obras de construção do canal de adução. Com a função de conduzir a água captada do reservatório, este foi projetado inicialmente como um túnel de aproximadamente 440 m de extensão sob rocha sã, com poucos serviços de estabilização. A projeção do túnel levou em consideração a viabilização do projeto, visto que, entre outros fatores, a construção de um canal aberto que contorne todo o monte rochoso presente no local teria um comprimento mais elevado e tornaria a obra mais complexa, devido a declividade do local. A

Figura 13 a seguir ilustra em vermelho o caminho pelo qual o túnel de adução foi projetado inicialmente.



Fonte: Agente Financiador

No entanto, com a obras de implantação da Pequena Central Hidrelétrica já iniciadas, constatou-se no decurso da escavação do túnel adutor que a qualidade do material rochoso existente no local não condizia com as especificações do projeto, tornando-se inviável a construção do mesmo, uma vez que, a rocha encontrada apresentava inúmeras fraturas, como pode ser observado na Figura 14 abaixo.

Figura 14 - Rocha Fragmentada

Fonte: Agente Financiador.

Com a inviabilização da execução do túnel de adução, tornou-se necessário a alteração do projeto da PCH, gerando sobrecusto ao empreendimento. O túnel de adução foi substituído por um canal aberto de aproximadamente 800 m de comprimento em concreto, com galerias, contornando o monte rochoso, conforme ilustrado em azul na Figura 13 apresentada anteriormente. A construção do canal aberto superou os custos necessários para a execução do túnel, uma vez que, demandou grande movimentação de terra, alto volume de execução de concreto não previsto inicialmente e a execução de proteção de taludes. A presença da rocha fragmentada impossibilitou ainda a ancoragem do eixo da barragem, com a necessidade de alteração do projeto estrutural. A barragem foi reposicionada para um local com uma fundação em rocha adequada, ocasionando o aumento de seu tamanho, as Figuras 15 e 16 a seguir apresentam a etapa de construção do canal de adução aberto e a construção da barragem, respectivamente:

Figura 15 - Construção do Canal Aberto de Adução



Fonte: Agente Financiador.

Figura 16 - Construção da Barragem



Fonte: Agente Financiador.

Com as alterações no projeto original, alguns serviços complementares de implantação não previstos no orçamento inicial se tornaram necessários, encarecendo o custo final do empreendimento, destacam-se: abertura de aproximadamente 2 quilômetros de estradas de acesso, maior área de desmatamento e conseqüentemente maior contrapartida ambiental, movimentação de terra em bota-fora e maior estrutura de canteiro de obras e equipe. Em decorrência das alterações do projeto inicial da PCH, fez-se necessário ainda a elaboração de um novo projeto ambiental, incluindo nova emissão de licença de instalação e a retificação do projeto junto a ANEEL.

4.1.2 Empreendimento B

Decorrente das fortes chuvas que ocorreram no período de implantação do projeto, este empreendimento foi surpreendido com a formação de uma enchente, no qual, a ensecadeira projetada e executada para proteger e assegurar uma área seca de trabalho para as obras de fundação, não suportou o volume de água. Tal acontecimento resultou em atrasos na obra, perda dos materiais empregados e trabalhos já realizados na construção das fundações. A Figura 17 abaixo apresenta parte da estrutura já realizada da casa de força antes do período de ocorrência da enchente e conseqüentemente levada pela força da água.

Figura 17 - Obras de Fundação da Casa de Força

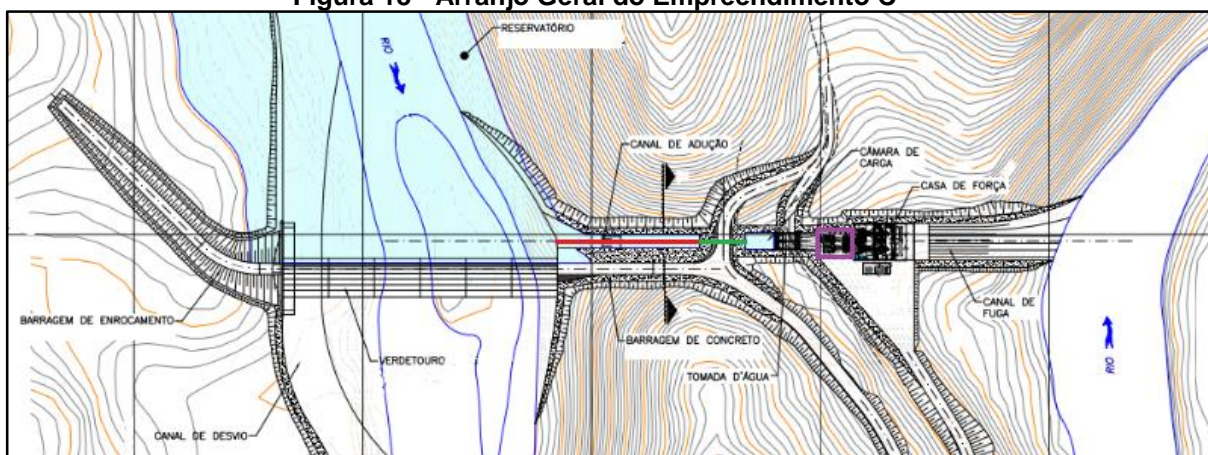
Fonte: Agente Financiador.

Assim como a casa de força, as obras de execução da barragem, do vertedouro e de desvio do rio também sofreram perdas e atrasos. Em consequência das fortes chuvas, as obras de escavações em solo e rocha, e a execução de obras civis previstas no cronograma inicial do projeto sofreram atrasos devido a necessidade de refazer ou reparar serviços já realizados. Diante de tais acontecimentos, fez-se necessário reanalisar e refazer o estudo das cheias realizado para a implantação do projeto inicial. Com os novos estudos realizados, o projeto inicial da Pequena Central Hidrelétrica sofreu alterações, como: a localização da casa de força, para que a mesma fosse ancorada em rocha, de forma a oferecer maior estabilidade frente às fortes cheias, gerando em contrapartida o aumento do comprimento do canal de fuga da PCH. O ônus causado ao empreendimento devido a este acontecimento atingiu tanto o âmbito físico como o financeiro do mesmo, agravado por estudos e projetos não condizentes com a realidade do local de implantação.

4.1.3 Empreendimento C

Os desafios encontrados durante o período de implantação deste projeto se assemelham com aqueles encontrados no Empreendimento “A” descrito anteriormente. O projeto inicial desta PCH previa a construção de um canal adução aberto e um túnel adutor, ambos escavados em rocha sã, sem a necessidade empregar técnicas de contenção e estabilização do material rochoso presente no local, uma vez que, de acordo com o detalhamento do projeto original o mesmo apresentava boa qualidade, permitindo a escavação sem a utilização de medidas de intervenção utilizadas na construção civil. A Figura 18 apresenta o arranjo geral da PCH, destacando em vermelho e em verde a projeção do canal de adução e do túnel adutor, respectivamente.

Figura 18 - Arranjo Geral do Empreendimento C



Fonte: Agente Financiador.

Entretanto, foi constatado na etapa de escavação do material rochoso, que o mesmo apresentava inúmeras fraturas, condição esta, não identificada no período de estudos e projetos do empreendimento. Tal circunstância, gerou a necessidade realizar estudos de sondagem de forma a proporcionar maior conhecimento e detalhamento do local de implantação do empreendimento e revisão do projeto. As Figuras 19 e 20 abaixo foram retiradas na fase de escavação da rocha fragmentada.

Figura 19 - Escavação em Rocha do Canal de Adução e do Túnel Adutor



Fonte: Agente Financiador.

Figura 20 - Escavação em Rocha do Canal de Adução e do Túnel Adutor



Fonte: Agente Financiador.

Com os estudos realizados e frente às condições geológicas do local, observou-se a necessidade de garantir a estabilidade das paredes escavadas, tanto do túnel quanto do canal de adução. Posto isto, a construção do canal de adução aberto e do túnel adutor contou com insumos e tratamentos não previstos no orçamento original, como: aplicação de concreto projetado com fibras e instalação de chumbadores com resinas, gerando ainda, sobrecusto com serviços de caminhão munck e guindaste para aplicação dos tratamentos. A Figura 21 representa o momento da retirada do “tampão” do túnel adutor, na mesma figura é possível visualizar ainda, o tratamento com insumos aplicado nas laterais do canal de adução aberto.

Figura 21 - Tratamento do canal de adução aberto



Fonte: Agente Financiador.

Neste empreendimento ocorreram ainda alterações com relação a construção da subestação e do conduto forçado. No projeto original a subestação da PCH seria construída sobre um platô lateral localizado ao lado da casa de forças, localização destacada em roxo na Figura 18 apresentada anteriormente. No entanto, devido à dificuldade de construção do platô lateral em terreno rochoso,

optou-se por alterar o projeto e construir a subestação sobre o conduto forçado, tal medida gerou a necessidade de realizar o envelopamento em concreto armado e aterro do mesmo, para suportar a estrutura da subestação. As Figuras 22 e 23 apresentam etapas do envelopamento do conduto forçado, armação e desforma, respectivamente. Logo após, na Figura 24 é possível visualizar a fase de aterro do conduto forçado.

Figura 22 - Envelopamento do Conduto Forçado



Fonte: Agente Financiador.

Figura 23 - Desforma do Conduto Forçado



Fonte: Agente Financiador

Figura 24 - Aterro do Conduto Forçado

Fonte: Agente Financiador.

Ademais, devido ao aumento do volume do rio, decorrente do regime intenso de chuvas, houve ainda majoração dos custos para a construção das ensecadeiras, visto que, as ensecadeiras projetadas inicialmente não suportariam volume hídrico do rio. As alterações realizadas neste empreendimento resultaram em aditivos financeiros e de prazos. No contexto financeiro, ocorreram encargos adicionais com: insumos, serviços de construção, mão de obra, horas de máquinas, administração de obra, canteiro de obras, estudos e projetos. Já em relação os prazos, o empreendimento sofreu um atraso de aproximadamente 17 meses.

4.1.4 Empreendimento D

As obras civis e acessos desse empreendimento foram comprometidas pela ação das águas. No decorrer das obras de fundações de elementos que compõem a Pequena Central Hidrelétrica, ocorreu o aumento do nível de água do rio, decorrente do intenso volume de chuva em curto intervalo de tempo na região. Tal acontecimento resultou na completa destruição das ensecadeiras, projetadas para proteger a área de trabalho em situações semelhantes, não suportaram a dinâmica da água e foram carregadas pelo rio. Conseqüentemente, a enchente formada em virtude do elevado volume de água, atingiu os pontos em obras, resultando em

danos ao empreendimento, devido a estudos hidrológicos incorretamente realizados, os quais influenciam nos projetos das ensecadeiras. As Figuras 25 e 26 a seguir ilustram locais que encontravam-se em obras quando foram atingidos pela enchente.

Figura 25 - Força da Água Atingindo o Local de Trabalho



Fonte: Agente Financiador.

Figura 26 - Inundação das Obras de Fundação da Casa de Força



Fonte: Agente Financiador.

Dentre os danos causados em consequência da enchente, destacam-se a perda de materiais e serviços já realizados. Diversos materiais foram totalmente danificados devido a força das águas e outros levados pela correnteza do rio, como: ferragens, formas de caixarias, insumos e andaimes metálicos utilizados para execução de ferragens e formas. A ação das águas causaram ainda, a queima de motores de bombas drenantes usadas para o escoamento de águas submersas nas fundações da casa de comando e da casa de forças. O período de enchente atingiu as obras já em andamento da fundação da casa de comando, do conduto forçado, do vertedouro, da tomada d'água e da área de montagem da casa de forças. Após o período de cheia, todos estes pontos passaram por um processo de limpeza e retirada de entulhos e materiais danificados, para posteriormente iniciar a reconstrução, partindo em muitos casos do ponto inicial. As Figuras 27, 28 e 29 a seguir detalham os pontos as obras atingidas pela enchente:

Figura 27 - Deslocamento dos Conduitos Metálicos



Fonte: Agente Financiador.

Figura 28 - Danos nas Obras do Conduto Forçado



Fonte: Agente Financiador.

Figura 29 - Perda dos Serviços de Fundação da Casa de Comando



Fonte: Agente Financiador.

Após o período de limpeza do local, as obras de reconstrução foram iniciadas:

- Reconstrução da ensecadeira - Localizada no emboque do rio e levada pela correnteza, a ensecadeira da tomada d'água foi recalculada e totalmente reconstruída com insumos adequados;
- Recomposição do muro de arrimo em gabião - A água adentrou os vazios do muro de arrimo em fase de construção e causou o deslocamento de parte dos gabiões, com isto, fez-se necessário a compactação de aterro do muro e reacomodação das pedras com lançamento de concreto ciclópico para fechamento do muro gabião;
- Realinhamento do conduto forçado - Com a força das águas os condutos metálicos que já se encontravam alinhados, nivelados e recebendo ferragens e caixarias para a concretagem das celas e blocos de ancoragem, foram consideravelmente movido e parte do material foi perdido. O realinhamento contou com nova locação dos condutos em alguns trechos e aquisição de novos chumbadores para fixação e apoio.
- Limpeza do túnel - A água que invadiu o túnel percorreu toda sua extensão, deixando pelo caminho detritos miúdos e graúdos, além de carregar consigo

instalações provisórias de ventilação e energia elétrica. O túnel de aproximadamente 920 m de comprimento, anteriormente a enchente, encontrava-se totalmente escavado, com serviços de limpeza preliminar já concluídos e em fase final da concretagem.

- Reconstrução da fundação da casa de comando - Os serviços de ferragem e caixaria dos blocos de fundação e baldrame totalmente concluídos e aguardando concretagem, foram refeitos devido à perda total dos serviços e materiais já empregados.
- Limpeza da casa de força - A retirada do volume de aterro, assim como, fragmentos de madeiras, andaimes, vegetação e demais resíduos transportados pela correnteza, contou com a mão de obra de equipe de serventes e locação de máquina escavadeira para retirada dos detritos.
- Limpeza do canal de fuga - Após a limpeza do local com auxílio de máquina escavadeira e caminhão basculante, ambos alugados, tornou-se necessário novo enrocamento com pedras e aterro do canal.

Além disso, as vias de acesso ao empreendimento também foram afetadas pela enchente, dificultando e até mesmo interditando o acesso em alguns trechos. Tal situação impediu o tráfego de veículos pesados, impossibilitando o abastecimento de materiais e insumos aos empreendimentos por um intervalo maior de tempo. As obras de reparo realizadas nas estradas de acesso, contaram com: estabilização e cortes de taludes, recomposição e aumento do greide. As Figuras 30, 31 e 32 abaixo ilustram alguns trechos danificados pela enchente:

Figura 30 - Desmoronamento de Parte do Acesso



Fonte: Agente Financiador.

Figura 31 - Risco de Desmoronamento do Talude



Fonte: Agente Financiador.

Figura 32 - Trecho da Estrada de Acesso



Fonte: Agente Financiador.

As perdas e danos gerados ao empreendimento afetaram o cronograma financeiro da obra e conseqüentemente resultaram em aditivos, devido a majoração dos custos diretos e indiretos. O cronograma de prazos sofreu dilatação de aproximadamente 5 meses, agravando o orçamento do empreendimento em razão da perda de receita, proveniente da geração de energia.

4.2 Caracterização e classificação dos eventos de riscos

Com o intuito de evidenciar os riscos de aspectos físicos mais ocorrentes em obras de Pequenas Centrais Hidrelétricas, este tópico destina-se a caracterizar, conforme a bibliografia, como visto anteriormente em Rocha (2006), os eventos de riscos descritos no tópico anterior, acometidos pelos quatro empreendimentos em estudo e classificá-los conforme o volume de ocorrência.

A caracterização dos eventos sofridos por cada empreendimento em estudo nos possibilita maior compreensão dos riscos envolvidos em empreendimentos deste porte e mostra o quanto os projetos de engenharia estão submetidos às adversidades do local de implantação. Os eventos são caracterizados no Quadro 3 apresentado a seguir, como pode ser observado nesta pesquisa, muitas vezes um mesmo empreendimento pode ser acometido por aspectos físicos distintos,

majorando ainda mais os impactos sofridos, como no caso dos empreendimentos C e D.

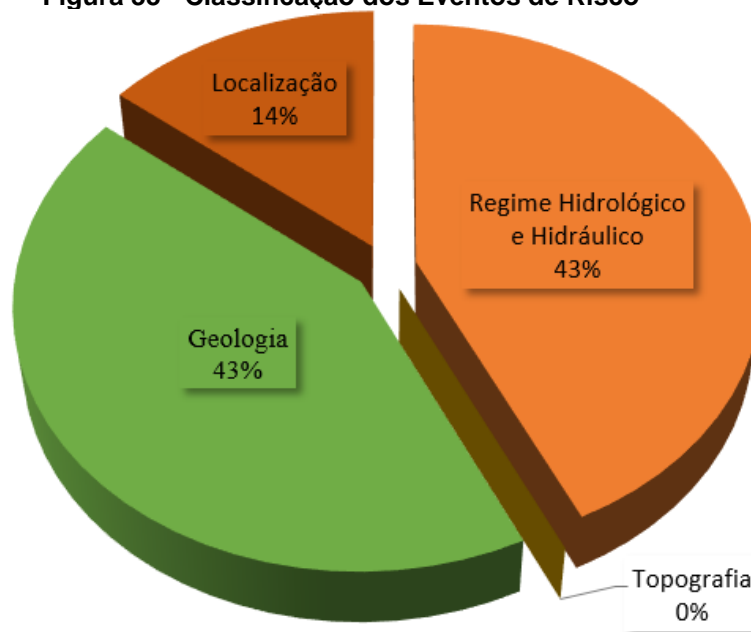
Quadro 3 - Caracterização dos Eventos de Risco

Eventos de Risco				
Empreendimento	Aspectos Físicos			
	Regime Hidrológico e Hidráulico	Topografia	Geologia	Localização
Projeto A			X	
Projeto B	X			
Projeto C	X		X	
Projeto D	X		X	X

Fonte: Autora.

A classificação dos eventos de acordo com o volume de ocorrência permite evidenciar aqueles que ocorrem com maior frequência em empreendimentos deste segmento e assim direcionar e ressaltar a importância dos estudos envolvidos no período de concepção do projeto. A classificação dos eventos de risco é apresentada na Figura 33 abaixo, de acordo com o resultado, observa-se que os aspectos de regime hidrológico e geológico apresentam maior influência sobre os projetos de PCH's.

Figura 33 - Classificação dos Eventos de Risco



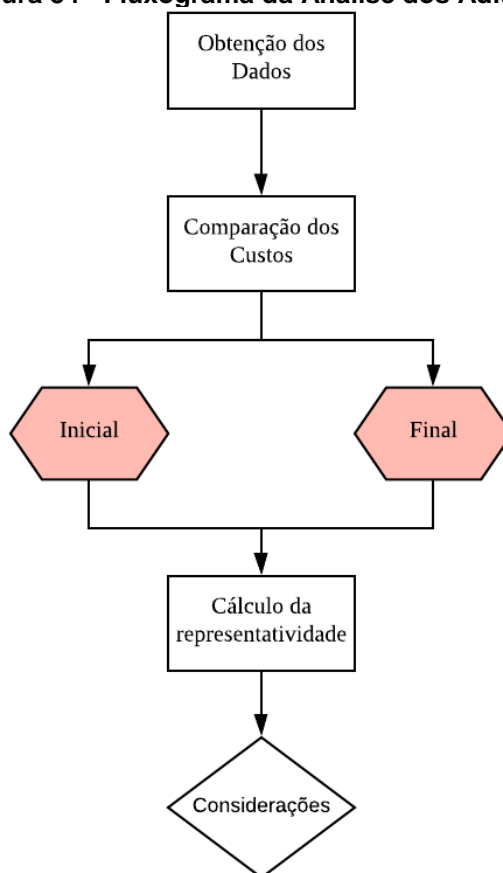
Fonte: Agente Financiador.

Com base nestes dados, destaca-se a relevância da correta investigação e caracterização do solo e do regime hidrológico e hidráulico do local onde será implantado o empreendimento, com o objetivo de reduzir consideravelmente os riscos envolvidos no projeto, uma vez que, as obras desse segmento estão diretamente relacionadas com a movimentação de alto volume de terra e água.

4.3 Análise do impacto financeiro ocasionado aos empreendimentos

Com o intuito de expor o impacto financeiro causado aos empreendimentos devido aos eventos de riscos de aspectos físicos, este tópico apresenta a comparação quanto ao orçamento inicialmente previsto para cada empreendimento e o custo final (orçamento inicial acrescido dos aditivos referentes aos eventos de aspectos físicos) dos projetos em estudo, como ilustrado na Figura 34. Para isto, foi obtido através do agente financiador dos empreendimentos, os valores iniciais previstos para cada empreendimento, assim como, os aditivos financeiros ocasionados aos projetos, decorrentes dos eventos de riscos (descritos no item 4.1 desta pesquisa) sucedidos nas fases de execução das obras. Possibilitando assim, o cálculo da representatividade dos aditivos frente ao projeto original, esta análise é realizada para cada empreendimento individualmente. Com isto, busca-se auxiliar o estudo da viabilidade técnica de projetos de PCH's, destacando a importância da realização dos estudos de campo nas fases de concepção de projeto.

Figura 34 - Fluxograma da Análise dos Aditivos



Fonte: Autora.

Os dados obtidos são expostos no Quadro 4 abaixo, delimitando os valores de cada empreendimento em estudo. Observa-se que o orçamento total inicial, em verde, se refere ao valor global previsto para cada empreendimento, incluindo a quantia de outros custos envolvidos nos empreendimentos, como por exemplo, a aquisição de equipamentos que compõem as PCH's. Os itens estudos e projetos e obras civis informados no campo orçamento inicial, detalham o percentual dos investimentos destinados a estes serviços no orçamento inicial. Em contrapartida, ambos os itens, quando apresentados no campo aditivo, representam os valores acrescidos aos empreendimentos após o início das obras, devido aos eventos de riscos. Estes valores são apresentados em forma de percentuais frente ao orçamento inicial, ou seja, o percentual de cada aditivo foi calculado considerando o orçamento inicial total.

Quadro 4 – Dados Financeiros dos Empreendimentos

Orçamento	Empreendimentos							
	A		B		C		D	
Inicial Total	R\$ 13.255.573,00		R\$ 5.528.291,00		R\$ 24.535.000,00		R\$ 17.617.561,48	
	Inicial	Aditivo	Inicial	Aditivo	Inicial	Aditivo	Inicial	Aditivo
Estudos e Projetos	2,16 %	6,44 %	2,59 %	1,98 %	1,43 %	3,57 %	4,88 %	-
Obras Civis	45,24 %	47,10 %	20,70 %	28,62 %	70,67 %	36,49 %	46,37 %	5,44 %
Final Total	R\$ 20.352.356,00		R\$ 7.219.968,00		R\$ 34.364.487,50		R\$ 18.575.832,00	
Erro do Orçamento	53,54 %		30,60 %		40,06 %		5,44 %	

Fonte: Autora.

Destaca-se que, o orçamento final total apresentado em vermelho para cada empreendimento no quadro acima não corresponde ao orçamento total global dos empreendimentos, uma vez que, alguns empreendimentos foram acometidos juntamente por eventos de riscos de outras naturezas, os quais não fazem parte do objeto de estudo desta pesquisa. Sendo assim, o orçamento final total foi calculado por meio da somatória do orçamento inicial total com os aditivos dos itens estudos e projetos e obras civis, correspondentes aos eventos de riscos de aspectos físicos.

Diante dos dados obtidos, é possível observar que os eventos de riscos elevaram consideravelmente os custos das obras civis, com valores que representam em média 37,40% do orçamento inicial total, previsto para a implantação de cada projeto, em 75% dos empreendimentos em estudo. Ademais, destaca-se os valores do empreendimento D, o qual sofreu um aditivo de aproximadamente 5,4% nos serviços de obras civis, valor consideravelmente baixo se comparado com os demais casos em estudo, nota-se que, este foi o empreendimento que recebeu o maior percentual de investimento no item estudos e projetos no orçamento inicial, aproximadamente 5%, enquanto os outros empreendimentos receberam investimentos inferiores a 3% neste item. Tal cenário, demonstra que os gastos com estudos e projetos preliminares estão diretamente relacionados com os riscos assumidos nos empreendimentos deste porte, ou seja, quanto maior o investimento destinado à análise e caracterização do local de implantação e detalhamento dos projetos menores serão os riscos de aspectos físicos assumidos no projeto.

Por conseguinte, julga-se necessário realizar ainda um breve detalhamento dos custos destinados ao item estudos e projetos do orçamento inicial dos empreendimentos, como forma de identificar se houveram investimentos destinadas aos estudos de campo, necessários nas fases de concepção dos projetos, permitindo a caracterização dos locais onde as PCH's foram implantadas. Tal detalhamento é apresentado a seguir:

- Empreendimento A: Neste empreendimento apenas 0,20% do orçamento total inicial foi destinado aos estudos de detalhamento e caracterização local, como por exemplo, sondagens e estudos hidrológicos, contemplando inclusive os estudos para a formulação do inventário hidrelétrico, necessário para aprovação do projeto junto a ANEEL. Para mais, 1,96% do orçamento inicial foi designado ao projeto executivo, totalizando os 2,16% do item estudos e projetos apresentado anteriormente no Quadro 4.
- Empreendimento B: Semelhante ao empreendimento A, somente 0,24% do orçamento inicial foi destinado aos estudos necessários para concepção do projeto e conseqüentemente, 2,35% foram empregados na elaboração do projeto executivo, totalizando o valor informado no quadro anterior.
- Empreendimento C: O orçamento deste empreendimento foi consideravelmente majorado devido aos eventos de riscos. Ao analisar o detalhamento do orçamento inicial, observou-se que, não houveram investimentos destinados aos estudos iniciais, incluindo estudos topográficos e de sondagem, sendo assim, 100% do valor destinado ao item estudos e projetos, ou seja, 1,43% do orçamento total inicial foram destinados a elaboração do projeto executivo, sem qualquer detalhamento e caracterização local de implantação do mesmo.
- Empreendimento D: Comparado com os demais empreendimentos, este se destaca em relação às quantias destinadas aos estudos e projetos, 4,88% do projeto inicial total. Deste valor, 2,07% foi investido em estudos de topografia e sondagem, 2,58% foi destinado a elaboração dos projetos

básico e executivo, restando ainda 0,24% que foram empregados nos demais estudos e projetos ambientais. É possível observar que o valor mais expressivo investido nos estudos do solo reduziram os riscos geológicos assumidos pelo empreendimento, resultando no êxito das obras em relação a este aspecto físico. Por outro lado, os valores destinados aos estudos hidrológicos foram consideravelmente menores (menos de 0,24%), tal circunstância pode ter influenciado no projeto da ensecadeira, que por sua vez, não suportou o volume de água e se rompeu, permitindo conseqüentemente, que a enchente atingisse a área de trabalho.

Com os devidos detalhamentos realizados, destaca-se a importância dos estudos de campo nos projetos deste porte, visto que, exercem considerável influência na fase de concepção dos empreendimentos, viabilizando projetos bem detalhados e condizentes com a realidade do local de implantação. Tal circunstância, resulta conseqüentemente, na redução dos riscos de aspectos físicos assumidos e no êxito dos empreendimentos.

5 CONCLUSÃO

Consideradas fontes de energia renovável, as Pequenas Centrais Hidrelétricas, no qual o princípio de operação consiste no aproveitamento do potencial hídrico, assumem posição de destaque no abastecimento do consumo de energia em Santa Catarina. Tal cenário se justifica, dentre outros fatores, devido às características hidrográficas e hidrológicas do Estado que favorecem a implantação destes empreendimentos. Ademais, o desenvolvimento econômico estimula a crescente demanda de energia e conseqüentemente impulsiona a construção de PCH's na região. Os projetos e obras civis envolvidos nesses empreendimentos são considerados de alta complexidade e carecem de informações e detalhamento preciso do local de implantação, condições estas, comumente, não respeitadas, devido a orçamentos enxutos, abrindo margem aos riscos de aspectos físicos.

Os métodos utilizados nesta pesquisa são considerados satisfatórios, posto que, os objetivos foram atingidos. Os resultados encontrados vão de encontro com os conceitos encontrados na bibliografia e ampliam a compreensão do tema. Com os dados obtidos é possível constatar que os investimentos com estudos e projetos na fase de concepção dos empreendimentos deste segmento exercem suma importância para atingir o êxito dos projetos, visto que, possibilitam a tomada de decisões na fase de detalhamento dos projetos, reduzindo os riscos e conseqüentemente os aditivos, ocorridos em virtude das adversidades do local de implantação.

Dentre os riscos de aspectos físicos envolvidos no processo de implantação de PCH's, a amostra de quatro empreendimentos selecionada para desenvolver a pesquisa foi acometida por três destes, destacando-se os riscos de aspectos geológicos e aqueles relacionados com o regime hidrológico e hidráulico da região, visto que, estes apresentaram o maior volume de ocorrência. No decorrer do detalhamento financeiro dos empreendimentos, observamos que aqueles que sofreram maior impacto financeiro por meio de aditivos foram justamente os projetos que receberam menor investimento destinado a estudos de caracterização do local de implantação e detalhamento de projetos. Por outro lado, o empreendimento com maior investimento para investigação do local, reduziu as margens de riscos

assumidos e conseqüentemente, sofreu um impacto financeiro consideravelmente menor que os demais empreendimentos.

Ao detalhar o orçamento dos empreendimentos, observamos que o empreendimento A, acometido por evento de risco geológico sofreu aditivos financeiros de obras civis que alcançaram aproximadamente 50% do orçamento total previsto para a implantação do empreendimento, gerado pelo alto nível de riscos assumidos no projeto, visto que, os investimentos de estudos e caracterização do local foram extremamente baixos. Acometido por riscos de caráter hidrológico, o empreendimento B, assim como o empreendimento anterior, sofreu aditivos significativos, agravados pelo reduzido investimento em estudos preliminares. Os eventos de riscos ocorridos no empreendimento C, estão relacionados a questões geológicas e hidrológicas, os aditivos gerados são considerados significativamente altos e certamente intensificados devido à ausência de investimentos destinados a estudos e caracterização do local de implantação do projeto. Em contrapartida, o empreendimento D, o qual investiu consideravelmente em estudos preliminares, possibilitando a concepção de projetos condizentes com realidade do local, mitigando significativamente os riscos assumidos, o que resultou em aditivos financeiros notavelmente baixos, quando comparado com os demais empreendimentos.

Posto isto, destaca-se a relação direta entre os investimentos destinados a estudos preliminares e detalhamento de projetos na fase de concepção do empreendimento e os riscos de aspectos físicos assumidos, assim dizendo, os investimentos em estudos de caracterização e detalhamento do local de implantação, imprescindíveis para projetos deste segmento, mitigam os riscos de aspectos físicos assumidos. Com isto, busca-se evidenciar os riscos envolvidos e destacar a proporção financeira que estes podem assumir frente ao orçamento do empreendimento, ocasionando, inclusive, a inviabilização do mesmo. Desta forma, a pesquisa tem o propósito de contribuir e auxiliar as etapas de planejamento e análise de viabilidade de futuros empreendimentos PCH's.

Por conseguinte, em virtude das limitações encontradas para obtenção dos dados referentes aos prazos dos empreendimentos, esta pesquisa restringiu-se ao estudo dos aditivos financeiros, no entanto, recomenda-se para estudos futuros a

análise dos aditivos de prazos gerados em consequência dos eventos de riscos de aspectos físicos, visto que, os aditivos de prazos, assim como os aditivos financeiros, podem proporcionar considerável ônus ao empreendimento, devido ao atraso do processo de geração e comercialização de energia.

REFERÊNCIAS

- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **ANEEL avança na análise das PCHs e pode somar até 7.000 MW ao sistema**. 2016. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/aneel-avanca-na-analise-das-pchs-e-pode-somar-ate-7-000-mw-ao-sistema/656877?inheritRedirect=false&redirect=http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_XGPXSqdMFHrE%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D2. Acesso em: 16 set. 2019.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 1.ed., 199 p. Brasília, 2002.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3.ed., 236 p. Brasília, 2008.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **BIG – Banco de Informações de Geração**. 2019. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/big-banco-de-informacoes-de-geracao/655808. Acesso em: 14 set. 2019a.
- ALVES, Jailson J. M.; FERREIRA, Miguel, L. R. **Gestão de Contratos de Obras para Implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. Fortaleza, Out. 2006. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_tr530348_7030.pdf. Acesso em: 7 Nov. 2019.

ANDRADE, Alexandre d. **O Papel das PCHs na Economia Catarinense**. 72 f, 2010. Monografia (Curso de Graduação em Ciências Econômicas) - Departamento de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <http://tcc.bu.ufsc.br/Economia292762.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

ABRAPCH, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PCH E CGH. **O que são PCH's e CGH's**. Disponível em: <https://abrapch.org.br/o-setor/o-que-sao-pchs-e-cghs/>. Acesso em: 8 set. 2019.

BAUERMANN, Bruno G. **Estudo de Viabilidade Econômica na Construção Civil: Análise de Risco utilizando o Método de Monte Carlo**. 72 f. 2014. Trabalho de Diplomação (Curso Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/110116/000951877.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 fev. 2020.

BONOMI, Claudio A.; MALVESSI, Oscar. **Project Finance no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2004.

BORGES, Mathias M. **Pequenas Centrais Hidrelétricas e o Programa de PCH's do Brasil**. 45 f. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-18042016-115942/?&lang=br>. Acesso em: 11 abr. 2020.

CCEE, CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tipos de Leilões**. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/tipos_leiloes_n_logado?_adf.ctrl-state=9jrb85d4y_1&_afLoop=386856152620725#!%40%40%3F_afLoop%3D386856152620725%26_adf.ctrl-state%3D9jrb85d4y_5. Acesso em: 20 set. 2019.

CARVALHO, David. **Barragens – Uma Introdução para Graduandos**. Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI, UNICAMP, 2011.

CASTRO, Laurenn W. A. **Risco Geológico-Geotécnico Associado a Projetos de Implantação de PCHs – Caso da PCH Cachoeirão**. 101 f. 2008. Dissertação de Mestrado (Curso Engenharia Geotécnica) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008. Disponível em: https://www.nugeo.ufop.br/uploads/nugeo_2014/teses/arquivos/laurenn-s-a-de-castro.pdf. Acesso em: 5 nov. 2019.

CASTRO, Nivaldo J.; MARTINI, Sidnei; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme A.; TIMPONI, Raul R. **A Importância das Fontes Alternativas e Renováveis na Evolução da Matriz Elétrica Brasileira**. V Seminário de Geração e Desenvolvimento Sustentável, 2009, Rio de Janeiro.

CATARINA, Artur S. **Análise de Riscos em Projetos de Infra-Estrutura: Modelando a Interface entre o Gerenciamento de Riscos de Investidores e Gestores em Dois Projetos do Setor Elétrico Brasileiro**. 156 f. 2008. Tese (Curso de Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/91753>. Acesso em: 19 out. 2019.

CAVALCANTE, Anderson L. M.; SILVA, Leonardo D. **Estudo da Expansão do Setor Elétrico Brasileiro com Geração Termelétrica à Gás Natural**. 92 f. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: http://bdm.unb.br/bitstream/10483/872/1/2008_AndersonCavalcante_LeonardoSilva.pdf. Acesso em: 11 out. 2019.

ELETROBRAS - FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. **Usinas Hidrelétricas**. Distrito Federal, 2010.

ELETROBRAS. **Manuais e Diretrizes para Estudos e Projetos**. 2019. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Manuais-e-Diretrizes-para-Estudos-e-Projetos.aspx>. Acesso em: 3 nov. 2019.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2019**. Rio de Janeiro, 2019a.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica#TOPO>. Acesso em: 04 out. 2019.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Relatório de Impacto Ambiental UHE Teles Pires**. Rio de Janeiro, 2010.

GOLDMAN, Pedrinho. **Introdução ao Planejamento e Controle de Custos na Construção Civil Brasileira**. 4.ed., 176 p. São Paulo, 2004.

JUSVICK, Fernanda A. C.; SILVA, Joice M.; FRUCK, Reinaldo G.; BRUM, Adriano S.; DARONCO, Giuliano C. **Comparativo Entre PCH's Existentes e em Projeção no Brasil e no RS e a Quantidade de Energia Elétrica Gerada**. In: XXIV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2016, Ijuí.

MARCOCCIA, Renato. **A participação do etanol brasileiro em uma nova perspectiva na matriz elétrica mundial**. 2007. 95 f. Dissertação (Pós-Graduação em Energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MATTOS, Aldo D. **Planejamento e Controle de Obras**. 2010. São Paulo: Pini, 2010.

MELLO, Michel. **Pequena Central Hidrelétrica - PCH**. 2010. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/pequena-central-hidreletrica-pch/>. Acesso em: 10 set. 2019.

MEES, Alexandre. **Qualidade de Água em Reservatórios**. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/2205>. Acesso em: 20 set. 2019.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Matriz Energética Nacional 2030**. Brasília, 2007.

NEVES, Bernardo C.; BARBOSA, Bruno F. **Análise de risco em Empreendimentos de Geração Elétrica: Uma Aplicação de Análise Multicritérios**. 99f. 2014. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10011134.pdf>. Acesso em: 15 out. 2019.

OLIVEIRA, Luiz F. P.; BONATO, Nilson M.; FONTOURA, Paulo S.; JUNIOR, Osvaldo J. A.; SAKS, Nelson C. O. **Modelagem da Gestão Técnica (OWNER'S ENGINEERING) Para a Implantação De Empreendimentos Hidrelétricos na Modalidade de Contratação Turnkey / Lump Sum Através de E.P.C. – Estudo de caso C.E. Fundação – Santa Clara**. Paraná, out. 2005. SNPTEE. Disponível em: <http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20081120153047-GGH17.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2019.

PROGRAMA CATARINENSE DE ENERGIAS LIMPAS. **PCHs**. Disponível em: <http://www.scmaisenergia.sc.gov.br/sds/?p=132>. Acesso em: 15 out. 2019.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos**. 2004. Disponível em: http://www.las.inpe.br/~perondi/23.06.2008/CCGP_a.pdf. Acesso em: 1 nov. 2019.

ROCHA, Ariane A.; CASTRO, Nara L. B. **A Importância do Planejamento na Construção Civil**. 2014. Disponível em: http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1773. Acesso em: 24 out. 2019.

ROCHA, Gabriel S. C. **Desvios de Rios para a Construção de Barragens**. 2006. 255f. Dissertação (Mestrado Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SALINO, Pedro J. **Energia Eólica no Brasil: Uma Comparação do Proinfa e dos Novos Leilões**. 120 f. 2011. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001705.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

SDS, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Recursos Hídricos de Santa Catarina**. Disponível em: http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/bacias_hidrograficas/bacias_hidrograficas_sc.pdf. Acesso em: 20 mar. 2020.

SPG, Secretaria de Estado do Planejamento. **Atlas Geográfico de Santa Catarina – Diversidade da Natureza**. Fascículo 2, Florianópolis, 2016. Disponível em: http://www.spg.sc.gov.br/mapas/atlas/atlasgeograficosc/fasciculo2/fasciculo2_completo.pdf. Acesso em: 3 out. 2019.

SANTOS, Gustavo G. **Estudo da Viabilidade de uma PCH e sua Inserção na Matriz Energética Brasileira**. 59 f. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-16112011-101352/?&lang=br>. Acesso em: 20 abr. 2020.

SILVA, Neilton F. **Fontes de Energias Renováveis Complementares na Expansão do Setor Elétrico Brasileiro: O Caso da Energia Eólica**. 267 f. 2006. Tese (Curso Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Neilton_Fidelis_da_Silva.pdf. Acesso em: 27 set. 2019.

SOUZA, Jeferson C. **Desenvolvimento de Aplicativo de Análise Técnica e Econômica para Adaptação de uma Roda D' Água Acionada por Cima para Geração de Energia Elétrica no Meio Rural**. 60 f. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Guaratinguetá, 2011. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/121429/souza_jc_tcc_guara.pdf?sequence=1. Acesso em: 05 abr. 2020.

TOLMASQUIM, Maurício T.; GUERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo; **Matriz Energética Brasileira: uma prospectiva**. Novos Estudos, São Paulo, edição 79, p.47-69, nov.2007.

XAVIER, Sayonara M. T. **Contratos de EPC para Empreendimentos Hidrelétricos e seus Stakeholders**. 2004. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

