



Universidade Federal do Pampa
Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica

Avaliação da Capacidade de Acumulação Hídrica na Fronteira Oeste - RS para a Produção Descentralizada de Energia Elétrica

Leonardo Skrebsky Richter

Alegrete-RS, Dezembro de 2018

Leonardo Skrebsky Richter

**Avaliação da Capacidade de Acumulação Hídrica na
Fronteira Oeste - RS para a Produção Descentralizada de
Energia Elétrica**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal do Pampa (Unipampa) como um dos pré-requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Universidade Federal do Pampa - Unipampa

Orientador: Prof^o Dr. José Wagner Maciel Kaehler

Alegrete-RS

Dezembro de 2018

LEONARDO SKREBSKY RICHTER

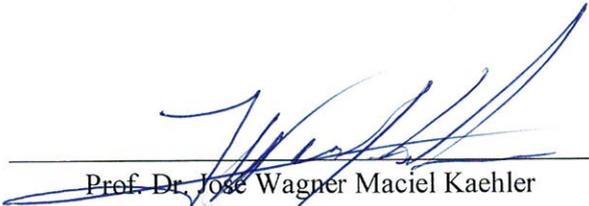
**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ACUMULAÇÃO HÍDRICA NA FRONTEIRA OESTE - RS PARA A
PRODUÇÃO DESCENTRALIZADA DE ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

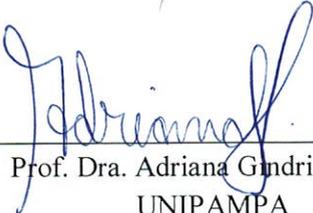
Área de Concentração: Geração de Energia

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 4 de dezembro de 2018.

Banca examinadora:



Prof. Dr. José Wagner Maciel Kaehler
Orientador



Prof. Dra. Adriana Gindri Salbego
UNIPAMPA



Prof. Dr. Guilherme Sebastião da Silva
UNIPAMPA

Agradecimentos

Agradeço a Deus.

Agradeço ao meu pai, João Luiz, pela dádiva da vida e todo embasamento educacional e apoio incondicional.

A minha mãe e meu padrasto, Carina e Álvaro, por jamais deixarem de me motivar e me estimular nessa jornada.

As minhas irmãs, Sabrina e Angélica, por estarem comigo me encorajando nos momentos de fraqueza.

A minha namorada e companheira, Tatiane, com quem tenho um aprendizado constante é meu alicerce em todos as horas.

Aos meus avós, João e Sônia, por serem a base de uma família sólida e com quem sempre pude contar.

Agradeço ao meu orientador, Profº Dr. José Wagner Maciel Kaehler, por todos os conselhos, pela paciência e ajuda nesse período.

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem
foram conquistadas do que parecia impossível.”*
(Charles Chaplin)

Resumo

Com o constante aumento do consumo de energia elétrica, e também a contextualização referente aos impactos econômicos, ambientais e sociais do uso de combustíveis fósseis, novos meios de geração de energia a partir de fontes renováveis devem ser explorados. Dessa forma, pode-se salientar a utilização racional dos recursos naturais, principalmente a água, essencial para a sobrevivência de todas as espécies vivas do globo terrestre e principal fonte de geração da matriz energética nacional. Visando o aproveitamento consciente desses recursos, com enfoque na produção de alimentos, tomou-se como base de estudo a região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, justificando a escolha dessa região por ser a maior produtora de arroz do Brasil, assim como por ser uma cultura que necessita uma grande quantidade de água. A partir dessa premissa, buscou-se estimar um quantitativo de geração de energia passível de ser produzido a partir das barragens de irrigação. Estima-se que a agricultura seja a atividade socioeconômica que mais utiliza água no mundo, no Brasil esse montante gira em torno de 72%. Vale salientar que a instalação de uma micro central hidroelétrica conectada no sistema elétrico ocasionaria uma enorme quantidade de vantagens tanto para o proprietário, que poderia abater uma parte do valor total da fatura de energia, diminuindo o custo da produção; quanto para a concessionária, que particularmente no período onde a demanda de energia é alta devido ao bombeamento de água por motores elétricos, o que poderia se tornar um meio de diminuir o uso sistema. Sendo assim, com a utilização de um software de geoprocessamento, no caso o QGIS, tornou-se possível consolidar as informações georreferenciadas de todas as barragens acima de 5 ha da área de estudo, bem como estimar a capacidade de acumulação hídrica e a geração de energia de cada espelho d'água. Também, foi realizado um levantamento da rede elétrica de distribuição da fronteira oeste visando comprovar a existência de rede elétrica junto aos barramentos, minimizando com isto os investimentos de interconexão. Todos esses dados estão contidos em um sistema de informação geográfica (SIG). Neste trabalho foram catalogadas 2013 barragens acima de 5 ha. Sendo 41 acima de 200 ha, 114 entre 100 ha e 200 ha e o restante abaixo de 100 ha. Totalizando um montante de potencial de aproveitamento hidroelétrico de 1,185 MW. Salienta-se que a instalação dos novos produtos existentes no mercado dispensa a necessidade de obras civis grandiosas, haja visto que o maior investimento que é o barramento, este já se encontra instalado. Deve-se buscar na verdade o investimento na adequação da tomada de água em canais de fundo, sifões e vertedouros, assim como nos equipamentos de conversão hidroelétrica.

Palavras-chaves: recursos hídricos, barragens, irrigação.

Abstract

With the constant increase in electricity consumption, as well as the contextualisation of the economic, environmental and social impacts of the use of fossil fuels, new means of generating energy from renewable sources must be explored. In this way, the rational use of natural resources, especially water, essential for the survival of all living species of the terrestrial globe and the main source of generation of the national energy matrix can be emphasized. Aiming at the conscious use of these resources, focusing on food production, the region of the West Frontier of Rio Grande do Sul was chosen as the basis for study, justifying the choice of this region as the largest rice producer in Brazil, as well as be a crop that needs a lot of water. Based on this premise, we sought to estimate a quantitative generation of energy that can be produced from irrigation dams. It is estimated that agriculture is the socioeconomic activity that uses the most water in the world, in Brazil this amount is around 72 %. It is worth mentioning that the installation of a micro hydroelectric plant connected to the electrical system would have an enormous amount of advantages for the owner, who could reduce part of the total value of the energy bill, reducing the cost of production; as well as to the concessionaire, which particularly in the period where energy demand is high due to the pumping of water by electric motors, which could become a means of diminishing the system use. Thus, with the use of geoprocessing software, in this case QGIS, it became possible to consolidate the georeferenced information of all dams above 5 ha of the study area, as well as to estimate the water accumulation capacity and the generation of of each water mirror. Also, a survey of the electric distribution network of the western border was carried out aiming at proving the existence of a grid with the buses, thus minimizing interconnection investments. All these data are contained in a geographic information system (GIS). In this work, 2013 dams 5 ha were catalogued. Being 41 over 200 ha, 114 between 100 ha and 200 ha 200 ha and the remainder between 100 ha. Totalling an amount of hydroelectric potential of 1.185 MW. It should be noted that the installation of new products on the market does not require the need for large civil works, since the largest investment is the bus, it is already installed. In fact, investment should be sought in the suitability of the water intake in the bottom channels, siphons and spillways, as well as in hydroelectric conversion equipment.

Keywords: water resources, dams, irrigation.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Barragem de Irrigação com encoramento rochoso e parte de terra. . . .	6
Figura 2 – Meios de Geração de Energia.	7
Figura 3 – Produção de arroz por países.	9
Figura 4 – Municípios do RS com Produção Orizícola.	10
Figura 5 – Fluxograma da pesquisa.	12
Figura 6 – Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul.	13
Figura 7 – Dados do SIG.	13
Figura 8 – Sistema de Informação Geográfica.	14
Figura 9 – Relação área e volume para barragens acima de 100 ha.	15
Figura 10 – Relação área e volume para barragens acima de 10 ha e abaixo de 100 ha.	16
Figura 11 – Relação área e volume para barragens abaixo de 10 ha.	16
Figura 12 – Volume útil e volume morto.	17
Figura 13 – Barragens Identificadas na Fronteira Oeste.	20
Figura 14 – Mapa de Kernel das Barragens da Fronteira Oeste.	21
Figura 15 – Rede Elétrica de Média Tensão.	23
Figura 16 – Proximidade da Rede Elétrica com as Barragens.	23
Figura 17 – Barragens Identificadas em Alegrete.	33
Figura 18 – Barragens Identificadas em Barra do Quaraí.	34
Figura 19 – Barragens Identificadas em Itaqui.	35
Figura 20 – Barragens Identificadas em Maçambará.	35
Figura 21 – Barragens Identificadas em Manoel Viana.	36
Figura 22 – Barragens Identificadas em Quaraí.	37
Figura 23 – Barragens Identificadas em Rosário do Sul.	37
Figura 24 – Barragens Identificadas em São Gabriel.	38
Figura 25 – Barragens Identificadas em São Borja.	39
Figura 26 – Barragens Identificadas em Santana do Livramento.	39
Figura 27 – Barragens Identificadas em Santa Margarida do Sul.	40
Figura 28 – Barragens Identificadas em Uruguaiana.	41

Lista de tabelas

Tabela 1 – Capacidade Instalada prevista de Micro e Minigeração(MW)	7
Tabela 2 – Potencial de Geração por Bacias Hidrográficas	8
Tabela 3 – Pluviosidade Média Anual da região Fronteira Oeste	17
Tabela 4 – Capacidade de Acumulação Hídrica (Barragens Acima de 400 ha)	21
Tabela 5 – Capacidade de Geração e Economia de Energia	22

Lista de abreviaturas e siglas

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FAO	Food and Agriculture Organization
IBGE	Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística
MDE	Modelo Digital de Elevação
MCH	Micro Central Hidroelétrica
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIOUT	Sistema de Outorga de Água
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
EMBRAPA	Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
INMet	Instituto Nacional de Meteorologia

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
	Introdução	1
1.1	Motivação	2
1.2	Objetivos	3
1.3	Divisão do Trabalho	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	Disponibilidade Hídrica	5
2.1.1	Histórico de Produção e Custos do Cultivo do Arroz	8
3	MATERIAIS E MÉTODOS	11
3.1	Estruturação da Pesquisa	11
3.1.1	Primeira parte do sistema proposto	11
3.1.2	Segunda parte do sistema proposto	11
3.1.3	Terceira parte do sistema proposto	11
3.1.4	Quarta parte do sistema proposto	11
3.2	Condução da Pesquisa	12
3.2.1	Levantamento de Dados via Software SIG	12
3.2.2	Uso Da Água	13
3.2.3	Processamento dos Dados	13
3.2.4	Tendência de Expansão	14
3.2.5	Conclusão	14
3.3	Metodologia	14
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1	Levantamento de Dados via Software SIG	19
4.1.1	Delimitação da Área de Trabalho	19
4.1.1.1	Região e Municípios	19
4.1.2	Barragens Existentes	19
4.1.3	Capacidade de Acumulação Hídrica	20
4.1.4	Potência Média de Geração Hidroelétrica de Barragens	20
4.1.5	Custo de Implementação de uma MCH ou PCH	22
4.1.6	Rede Elétrica de Media Tensão	22
4.1.7	Sistema de Informação Geográfica da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul	24
4.2	Considerações Finais	24

ANEXOS

29

	ANEXO A – CÓDIGO PARA OBTENÇÃO DO VOLUME DAS BARRAGENS	31
	ANEXO B – DADOS DAS BARRAGENS POR MUNICÍPIO	33
B.0.1	Alegrete	33
B.0.2	Barra do Quaraí	33
B.0.3	Itaqui	34
B.0.4	Maçambará	34
B.0.5	Manoel Viana	34
B.0.6	Quaraí	36
B.0.7	Rosário do Sul	36
B.0.8	São Gabriel	36
B.0.9	São Borja	38
B.0.10	Santana do Livramento	38
B.0.11	Santa Margarida do Sul	38
B.0.12	Uruguaiana	40

1 Introdução

A agricultura é uma atividade indispensável para a totalidade da população mundial e é responsável pela produção de alimentos e de produtos primários. Nesse sentido, não se pode deixar de lado o quesito sustentabilidade, que nada mais é que o uso consciente dos recursos disponíveis na natureza, com destaque para os recursos hídricos. De acordo com o Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, metade da água utilizada na agricultura é desperdiçada.

Na cultura orizícola, que necessita irrigação constante e grandes volumes de água, grandes reservatórios, ou acesso a rios e arroios que suportem essa demanda são os responsáveis por sustentar esses volumes de água. Buscando alternativas da redução do desperdício desse recurso, é necessário uma análise do processo inteiro de demanda de água ao longo das diversas fases da cultura projetando o sistema de irrigação como um todo, abrangendo a situação dos tubos, bomba e motor, fatores que acarretam diretamente na produtividade da lavoura.

A Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul é a maior produtora de arroz irrigado do Brasil, sendo assim procedeu-se a pesquisa que busca realizar um levantamento do potencial hídrico existente.

Utilizando um software de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e imagens de Modelo Digital de Elevação (MDE), tornou-se possível a análise dos espelhos de água, formados por barragens e açudes. A diferença entre esses dois tipos de recursos consiste basicamente em:

- **Barragem** - Lago artificial em que normalmente um rio ou arroio é interceptado possuindo, portanto, além da captação pluvial, uma captação fluvial. Geralmente possuem área superior aos açudes. São usadas para a irrigação, dessedentação de animais ou pessoas e para a geração de energia.
- **Açudes** - Geralmente são lagos naturais cuja captação de água baseia-se somente pelo meio pluvial.

Sendo assim, a partir do estudo desses dados, novas alternativas para o aproveitamento dessas estruturas foram consideradas, como por exemplo a geração de energia. Levando-se em consideração a atual crise financeira e política que o país atravessa é importante nos atermos a questão energética, principalmente na produção de alimentos.

Segundo os dados históricos do CONAB, o custo total de produção do arroz irrigado no ano de 2017 no município de Uruguaiana acarretou em um montante monetário de

aproximadamente R\$ 4.498,67 por hectare plantado. Deste total cerca de 9,13% foi gasto com gerenciamento da água, ou seja, cerca de R\$411,00 por hectare. Uma maneira de amenizar esse custo é a construção de novos barramentos de água, onde a irrigação ocorra apenas pela ação da gravidade, dispensando os gastos com instalações elétricas e respectivo consumo de energia. Estima-se que seja necessário um total de 10.000 m^3 de água para irrigar 1 hectare, segundo o IRGA.

Outro aspecto, não menos importante da utilização da água no meio rural é para a dessedentação animal, destacando que a pecuária também é bem desenvolvida na região. Também é destacado que a implantação de barragens e açudes é a contenção de processos de erosão, que servem para o amortecimento hidráulico da pluviometria. Lembrando que durante a solicitação do processo de outorga do uso d'água, que no Rio Grande do Sul é realizado pela internet através SIOUT-RS, é necessário identificar a utilização do recurso hídrico.

Nesse trabalho, será realizado uma estimativa do potencial de produção e acumulação hídrica na região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, destacando um histórico da produtividade da cultura orizícola em função da acumulação de água e custos. Aspecto não menos importante também, será destacar a rede elétrica de distribuição, lembrando que esse processo de irrigação na maioria das vezes é feito a partir de motores elétricos, o que acaba gerando uma grande demanda sazonal de energia elétrica.

A geração distribuída de energia torna-se uma realidade bem atrativa nesse meio, uma vez que a instalação de uma Micro Central Hidroelétrica ou Pequena Central Hidroelétrica causaria um mínimo impacto ambiental já que na maioria das vezes a irrigação por barragens ocorre apenas com a ação da gravidade (canal de fundo ou sifão), sendo assim apenas seria necessário a construção de uma casa de máquinas onde seria instalado o conjunto composto da turbina, gerador e controle de energia.

Já existem produtos no mercado atual que dispensam a construção de casa das máquinas uma vez que a turbina (em casos de sifões) é colocada diretamente na tubulação, sem maiores obras civis, somente de ancoragem.

1.1 Motivação

Tendo em vista o constante crescimento da demanda mundial de alimentos, são fundamentais novos métodos que possam beneficiar os agricultores sem alterar a produtividade. Dessa forma, é necessário uma atuação das diversas áreas de pesquisa no meio rural, abrangendo e auxiliando desde os produtores familiares até grandes produtores. Sendo assim, é fundamental que as instituições de ensino fomentem essa aproximação para promover o desenvolvimento dessas áreas rurais buscando qualificar profissionais para atuarem de maneira eficaz e, de certa maneira, criando oportunidades para trabalhar no

meio rural.

1.2 Objetivos

O objetivo principal desse trabalho consiste em realizar uma análise do uso da água na região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, nesse quesito se enquadra:

- Buscar o cadastro prévio e consolidar os dados dos espelhos d'água da área de estudo através da análise de imagens SRTM e dados da Ana;
- Estimar a área de alague;
- Calcular o volume de cada barragem;
- Calcular o potencial de geração de energia hidráulica;
- Reunir os dados em um Sistema de Informação Geográfica.

A geração de energia, sem alterar a produtividade da lavoura garantindo uma diminuição significativa de custos de produção é um grande desafio.

Além disso, será realizado um levantamento da rede elétrica da região, retratando a proximidade dos levantes hidráulicos das barragens em função da rede elétrica.

Também é esperado quantificar a economia de energia que um produtor rural pode usufruir através da utilização de um recurso até então inexplorada através da instalação de uma MCH ou PCH, otimizando a utilização de um bem encontrado na propriedade.

1.3 Divisão do Trabalho

O presente trabalho de conclusão do curso de graduação é composto por quatro capítulos.

No capítulo 1 deste trabalho faz a introdução do tema para a realização desta pesquisa bem como a motivação e os objetivos. Sendo exposta a situação e a explanação da escolha da área de estudo.

O capítulo 2 faz uma revisão bibliográfica, abordando as definições e conceitos básicos sobre geração distribuída, recursos hídricos, utilização da água na cultura orizícola. Isto acarreta em um maior entendimento do trabalho proposto, até uma abordagem mais técnica do assunto expondo os conceitos de micro e pequenos aproveitamentos hidroelétricos.

O capítulo 3 desenvolve a metodologia do trabalho, onde será apresentado as ferramentas utilizadas durante a pesquisa, tratando do processamento dos dados obtidos e os resultados encontrados assim como foi realizada a condução da pesquisa

O capítulo 4 expõe as conclusões e os resultados obtidos no trabalho desenvolvido.

2 Revisão Bibliográfica

Neste novo século alternativas econômicas para uma agricultura sustentável são os grandes desafios no momento. Nesse sentido, um meio para aumentar a produtividade e tornar-se independentes na questão de irrigação por parte dos agricultores é a criação de novos métodos que propiciem um meio mais eficaz de armazenamento de água, tais como a construção de barragens.

Segundo Bernardo et.al (2006), a irrigação é uma técnica antiga que vem em constante desenvolvimento, sendo na questão de equipamentos ou sistemas mais modernos que garantem uma maior eficiência do processo. No Brasil, o primeiro sistema de irrigação que se tem conhecimento data do ano de 1589, construído pelos padres jesuítas.

São características benéficas da irrigação:

- Perspectiva de empregos diretos;
- Aumento da renda per capita;
- Aumento da produtividade do empreendimento;
- Redução do impacto da erosão dos solos pela implantação de espelhos d'água.

Segundo Lopes (2005) barragem rural é uma estrutura construída, geralmente de terra, que pode ser também com enrocamento rochoso e terra, em sentido oblíquo ao fluxo d'água de tal forma que permita a formação de um reservatório artificial, denominado lago. Esse reservatório tem o intuito de acumular água ou elevar o nível do curso d'água. Vale destacar que se a estrutura interrompe um percurso de água é chamada de barragem e caso a captação de água seja apenas pluvial é denominado açude. A figura 1 demonstra uma barragem com estrutura de terra utilizada na irrigação da cultura orizícola.

2.1 Disponibilidade Hídrica

A reserva de disponibilidade hídrica é uma estrutura construída com finalidade de acumular água, ou seja, um reservatório artificial com finalidade de acumular água, compreendendo diversas situações, tais como:

- Permitir o abastecimento uniforme de água para comunidades;
- Irrigação de culturas;
- Dessedentação animal;

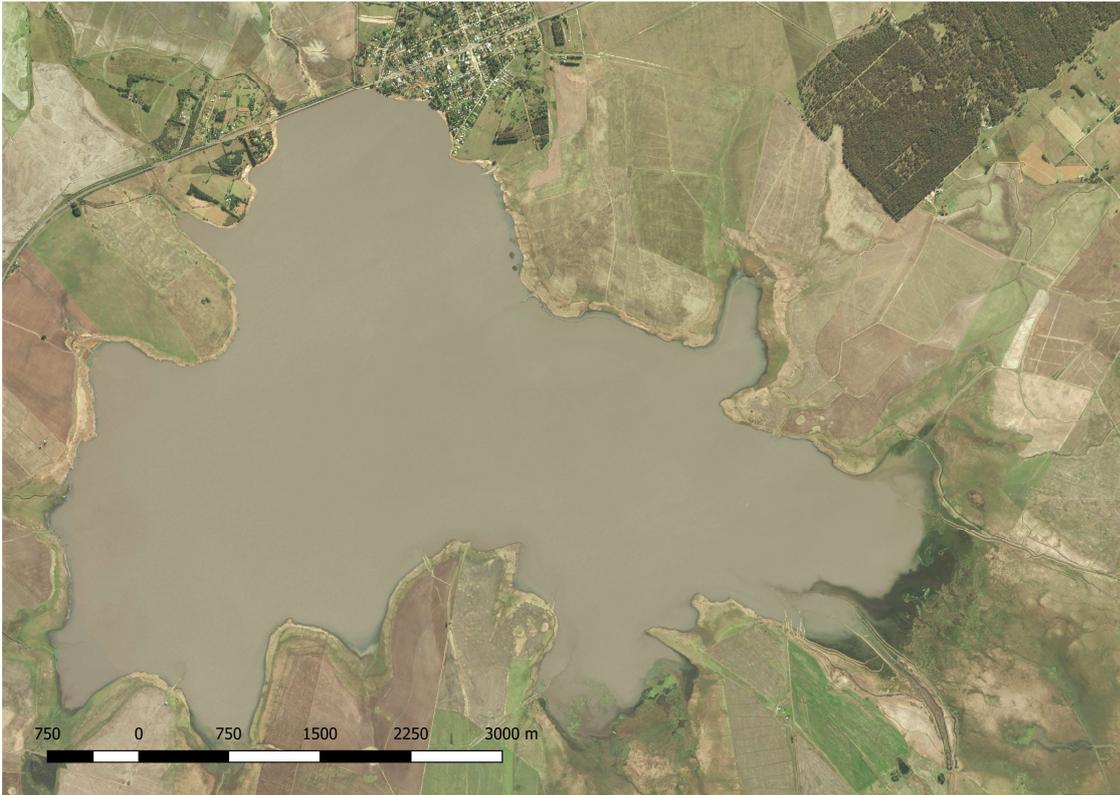


Figura 1 – Barragem de Irrigação com encoramento rochoso e parte de terra.

Fonte: O autor.

- Pisciculturas e criatórios de animais.

Outra atividade ainda pouco disseminada sobre o aproveitamento do potencial das barragens é a geração descentralizada de energia hidráulica. Com base nos dados do Operador Nacional do Sistema, estima-se que 70,1% da geração total de energia elétrica do país é proveniente de fontes hídricas, seguida pela geração térmica conforme ilustra a figura 2.

Um conceito que vem ganhando espaço quando fala-se em sustentabilidade é o de geração distribuída, que segundo os Cadernos temáticos da ANEEL “é caracterizada pela instalação de geradores de pequeno porte, normalmente a partir de fontes renováveis ou mesmo utilizando combustíveis fósseis.” Isso causa um impacto positivo direto na rede, como por exemplo, a melhoria do nível de tensão da rede nos períodos de maior carga (período de ponta), baixo impacto ambiental, etc.

Nesse contexto pode-se destacar a ampliação dos pequenos aproveitamentos energéticos, ou seja, micro e mini geração, as quais podemos definir, segundo a ANEEL, como:

- **Microgeração-** Refere-se a uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 quilowatts (kW);

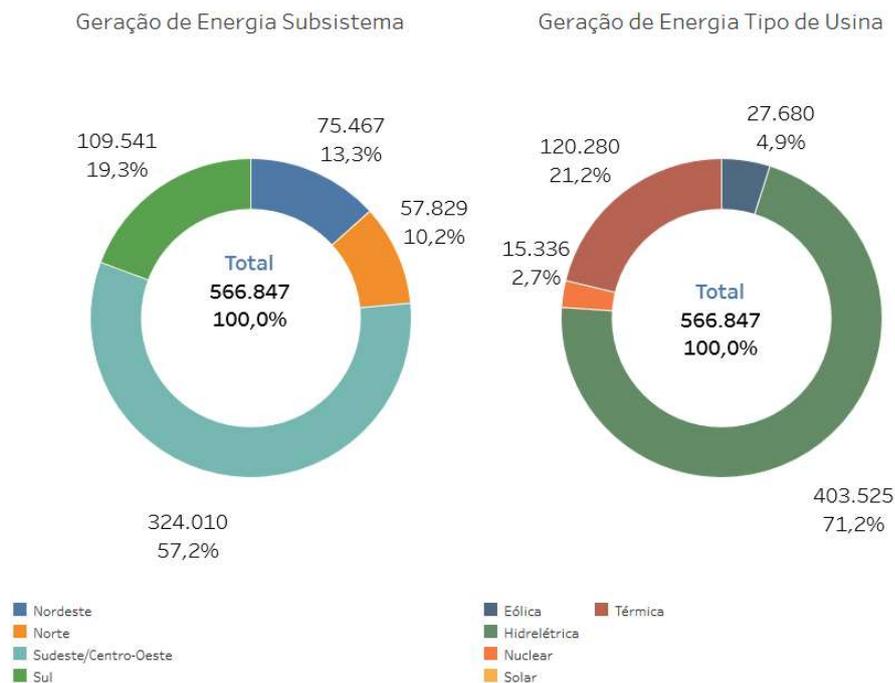


Figura 2 – Meios de Geração de Energia.
Fonte: ONS.

- **Minigeração-** Diz respeito às centrais geradoras com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 megawatt (MW), para a fonte hídrica, ou 5 MW para as demais fontes.

No Brasil, a ideia de micro e mini geração é um conceito que vem em constante crescimento e apresenta uma expectativa bem otimista nos próximos anos, conforme a tabela 1 que demonstra uma projeção até o ano de 2024.

Tabela 1 – Capacidade Instalada prevista de Micro e Minigeração(MW)

	Residencial	Comercial	Total
2017	71	30	102
2018	155	59	214
2019	283	102	385
2020	473	164	638
2021	752	254	1.006
2022	1.149	379	1.528
2023	1.696	552	2.248
2024	2.425	783	3.208

A tabela 2 ilustra as principais bacias hidrográficas do país, onde é explicitada a operação no ano de 2016, o potencial inventariado e total, bem como a porcentagem desse potencial que é aproveitado. Pode-se notar que a bacia com potencial mais aproveitado é a do Paraná com um montante de 82%, e a que possui um menor aproveitamento é a do

Atlântico Nordeste Ocidental e além de ser a menor de todas, logo pouco significativa. A menos aproveitada é a maior delas que compreende a Bacia Amazônica.

Tabela 2 – Potencial de Geração por Bacias Hidrográficas

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética.

Região Hidrográfica	Operação	Potencial	Potencial	Aproveitado (%)
	2016 (GW)	Inventariado (GW)	Hidrelétrico Total (GW)	
Amazônica	21,9	35,4	57,3	8
Tocantins-Araguaia	13,4	9,4	22,8	59
Atl. Nordeste Ocidental	0,0	0,1	0,1	0
Parnaíba	0,2	0,6	0,9	28
Atl. Nordeste Oriental	0,0	0,0	0,1	33
São Francisco	10,7	3	13,7	78
Atlântico Leste	1,3	1,7	2,9	44
Atl. Sudeste	5,5	3,6	9	57
Atlântico Sul	5	1,2	6,3	80
Paraguai	1,1	0,8	2	58
Paraná	35,1	7,7	42,8	82
Uruguai	10,4	4,2	14,6	70
Total	104,6	67,7	172,4	50%

2.1.1 Histórico de Produção e Custos do Cultivo do Arroz

O arroz, juntamente com o trigo, milho e a soja são as principais culturas produzidas no mundo. Nesse meio podemos destacar o continente asiático, que é responsável pelo incrível percentual de 90% da produção de arroz no mundo conforme os dados da Food and Agriculture Organization – FAO. O Continente americano vem logo atrás, e é responsável por cerca de 5% da produção dessa cultura, que representa cerca de 37 milhões de toneladas. Desse continente o maior produtor é o Brasil com 12 milhões de toneladas, seguido pelos Estados Unidos com 10 milhões de toneladas. A figura 3 demonstra a quantidade produzida do arroz em casca nos países no ano de 2014.

Concentrando em torno de 78% da produção orizícola, o Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz do Brasil segundo o IBGE. No período de 2013-2015 o estado registrou um montante de 8,3 milhões de toneladas produzidas em média. Porém, pequenas oscilações foram registradas, que segundo o Atlas Socio-Econômico do Rio Grande do Sul "ocorreram principalmente por influência de algumas condições climáticas desfavoráveis, como por exemplo, períodos de estiagem prolongada, já que a cultura é altamente demandante de água para irrigação".

Nesse mesmo período, 25 municípios gaúchos apresentaram média de produção acima de 100.000 toneladas/ano. A figura 4 demonstra os municípios que apresentaram maior produção orizícola no estado, podendo-se notar uma posição de destaque dos

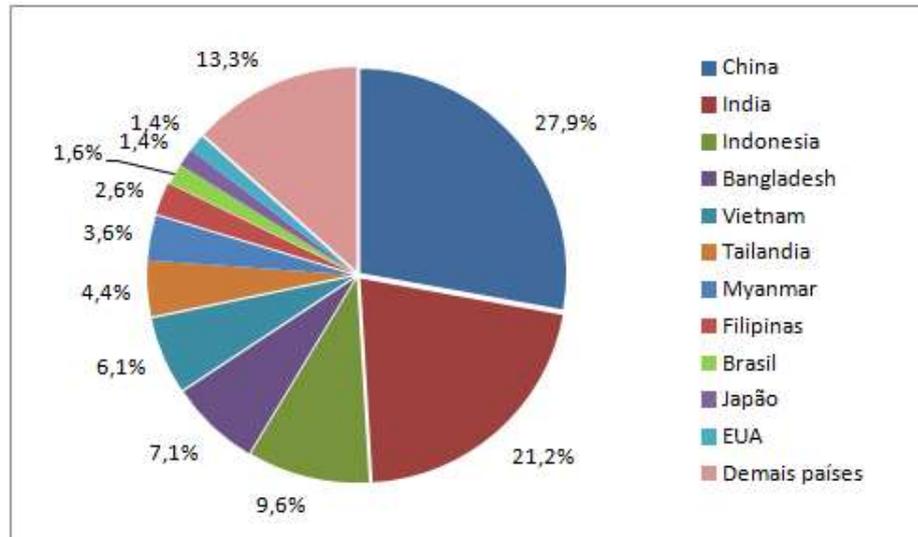


Figura 3 – Produção de arroz por países.
Fonte: Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul

municípios da Fronteira Oeste do estado gaúcho, principalmente Uruguaiana, Alegrete e São Borja, onde a produção foi de 300.001 a 695.903 toneladas/ano.

O custo da produção orízicola é impactado diretamente pelas condições climáticas, ou seja, por ser uma cultura que necessita irrigação constante, o nível dos reservatórios devem estar elevados para suprir parte da demanda de água da cultura durante esse período. Caso seja necessário o bombeamento de água, custos com energia e demanda são adicionados ao custo total da produção. Segundo o Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) a irrigação por barragens do arroz no município de Alegrete gira em torno de 60%, sendo a área plantada 58.407 ha.

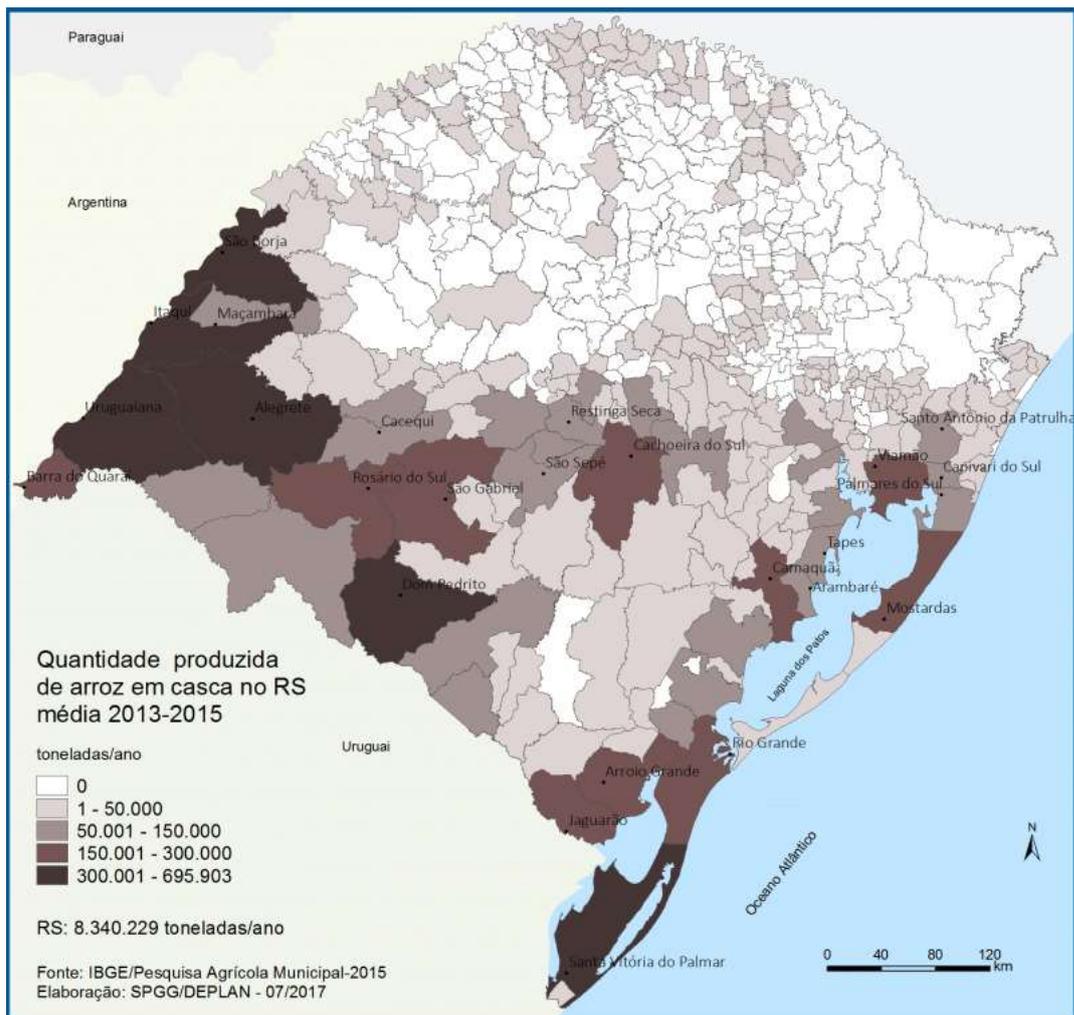


Figura 4 – Municípios do RS com Produção Orizícola.
Fonte: Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul

3 Materiais e Métodos

3.1 Estruturação da Pesquisa

Esse trabalho propõe um sistema que possibilite uma análise da capacidade da acumulação hídrica na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul.

Através das imagens SRTM e do software QGIS foi possível traçar o perfil topográfico da região de estudo, o que viabilizou o estudo de de captação do pontos de água, ou mesmo o potencial que pode ser expandido das estruturas existentes. Dessa forma, um cadastro prévio das barragens foi possível com uma maior confiabilidade dos dados.

3.1.1 Primeira parte do sistema proposto

A primeira parte do sistema consiste no levantamento dos dados existentes, analisando os estudos já realizados na área em questão e buscando empresas dispostas a formar parceria de pesquisa, tais como Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), Departamento de Recursos Hídricos (DRH), Associação dos Arrozeiros de Alegrete (AAA), etc.

3.1.2 Segunda parte do sistema proposto

A segunda etapa consiste no tratamento dos dados que foram adquiridos, trabalhando nas informações pertinentes a condução dessa pesquisa, buscando uma base sólida de referências. Também será utilizado softwares que propiciam uma otimização da composição e organização dos dados.

3.1.3 Terceira parte do sistema proposto

Consiste da comprovação dos dados que foram analisados, através de comparações com dados já existentes cadastrado em bancos de dados estaduais e federais.

3.1.4 Quarta parte do sistema proposto

Nesta etapa ocorreram a comparação dos dados existentes com os dados medidos, podendo ser realizado uma análise entre a situação anteriormente descrita e estudada e dos novos dados obtidos, finalizando a pesquisa com a reunião de todos os dados obtidos que será cadastrada em um sistema SIG.

3.2 Condução da Pesquisa

A pesquisa ocorreu de acordo com o fluxograma abaixo (figura 5) apresentado:

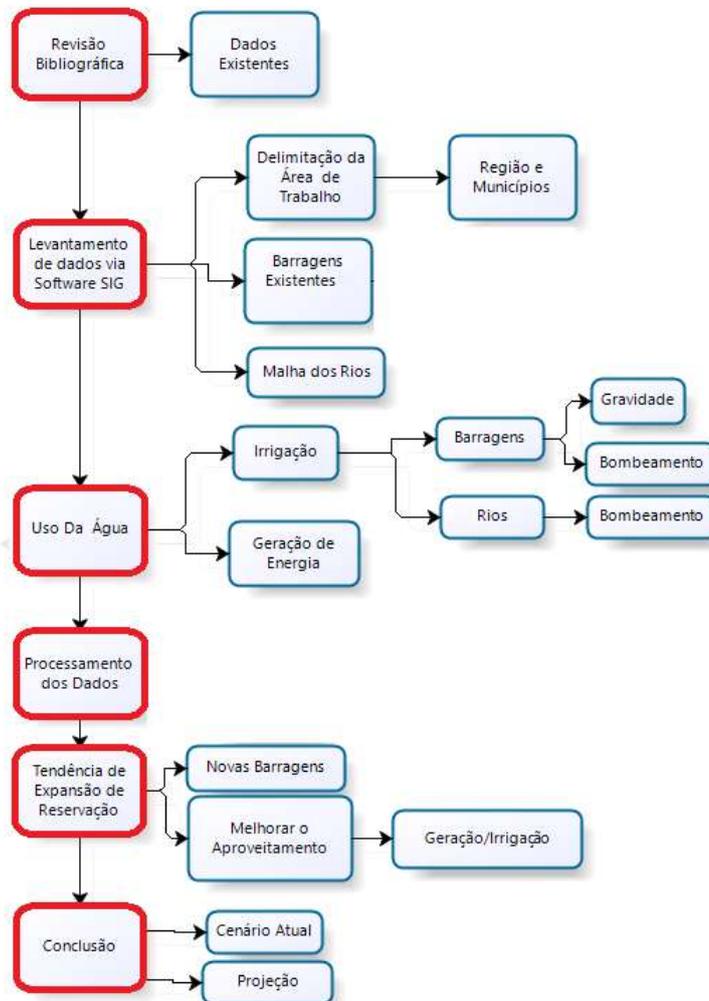


Figura 5 – Fluxograma da pesquisa.

Fonte: O autor.

3.2.1 Levantamento de Dados via Software SIG

Nessa seção foi realizada a delimitação da região onde foi realizada a pesquisa (figura 6) e um levantamento prévio dos dados hidrológicos via software (QGIS), que compreende a identificação dos espelhos d'água da área de estudo, o cálculo da área e volume de cada barragem, o cadastro da rede elétrica de média tensão.

Para esse levantamento de dados, várias instituições foram consultadas, conforme demonstra a figura 7.

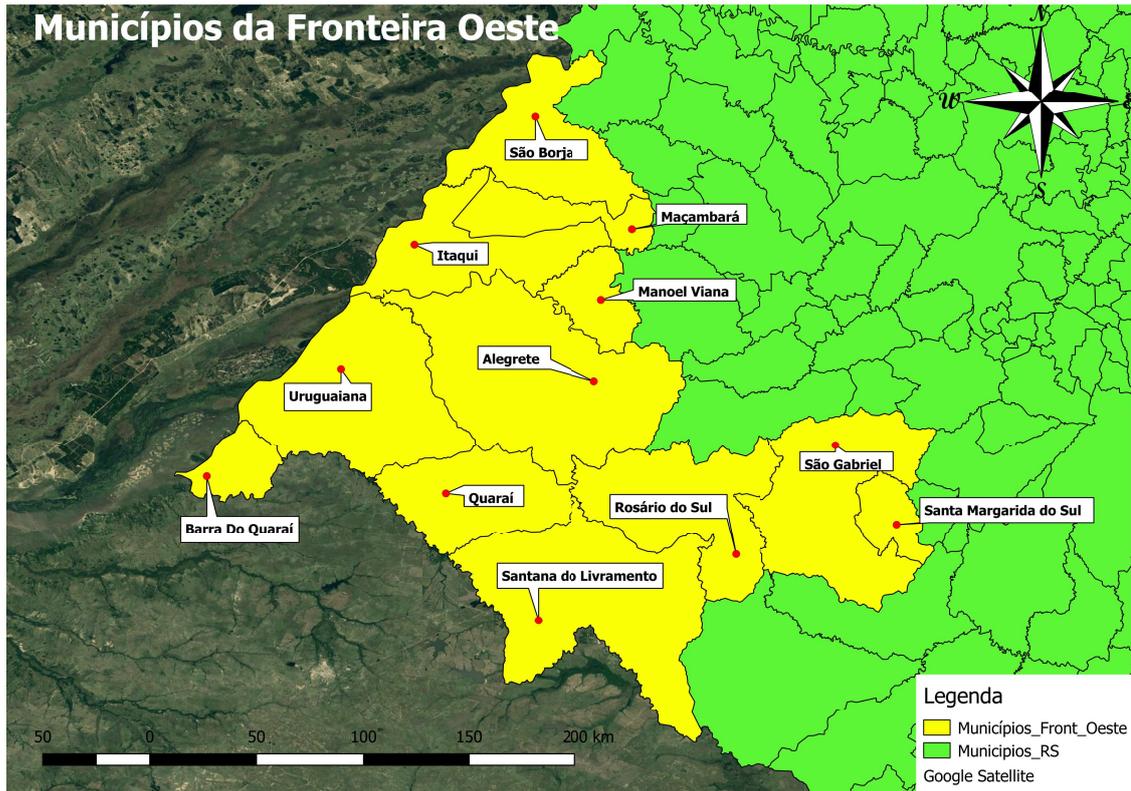


Figura 6 – Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul.

Fonte: O autor.

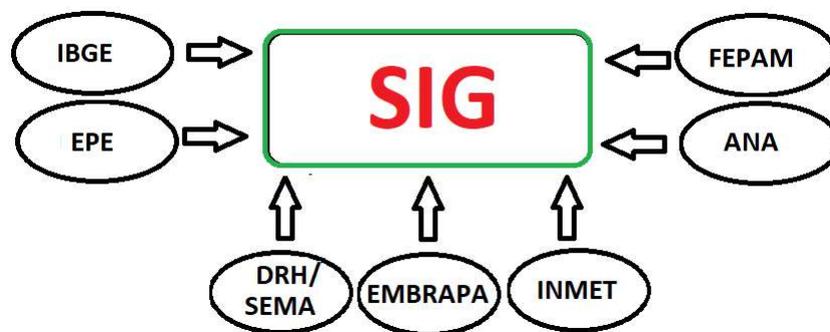


Figura 7 – Dados do SIG.

Fonte: O Autor.

3.2.2 Uso Da Água

Abrange os dados sobre irrigação, que pode ser por barragens ou rios e o tipo de levante utilizado para o bombeamento de água. Também foi realizado o levantamento dos dados de geração de energia de cada barragem

3.2.3 Processamento dos Dados

Consiste na análise dos dados levantados, foi verificado o impacto energético e financeiro gerado tanto para os clientes a partir da instalação de uma MCH ou PCH.

3.2.4 Tendência de Expansão

Nesse item, é estimado a possível utilização e uma tendência de expansão dos recursos hídricos ligados a parte de geração de energia.

3.2.5 Conclusão

Finalização do trabalho, com uma comparação entre o cenário atual em que se encontram os meios de armazenamento de água com uma possível expansão desses meios também os meios de irrigação utilizados e o quantitativo de água necessário para a cultura orizícola, e o impactos causados pelos levantes na rede elétrica.

3.3 Metodologia

A pesquisa foi baseada na análise de imagens topográficas SRTM adquiridas gratuitamente com uma resolução de 30 metros do satélite LandSat 8, e de softwares computacionais e dados disponibilizados por parceiros de pesquisa.

Tendo como base um levantamento prévio do potencial hidroelétrico das represas no município da Fronteira Oeste, justificando a escolha por esta região apresentar um número significativo de espelhos d'água e por fazer parte de uma região cuja economia se baseia principalmente na produção orizícola, foi realizado através de software SIG (QGIS).

A base de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é solidificada em três pilares fundamentais, conforme segue a figura 8.

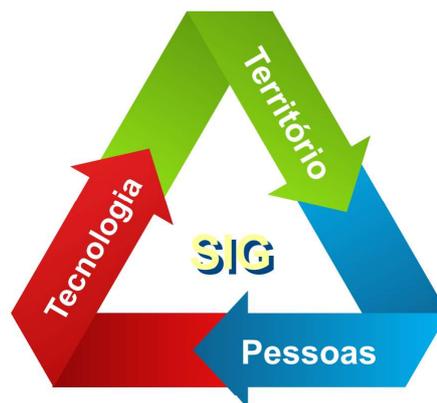


Figura 8 – Sistema de Informação Geográfica.

Fonte: Transmontana.

Utilizando uma função do próprio software, pode-se calcular a área geográfica de cada espelho d'água. A partir da área tornou-se possível calcular o volume de água contido nos espelhos d'água utilizando os dados encontrados em Profill (2011) onde foi realizada uma pesquisa a qual estabelece uma relação entre a área do espelho d'água e o volume acumulado, figura 9, 10 e 11.

Para áreas maiores que 100 hectares, o volume de água em m^3 armazenado é descrito pela equação 3.1 (Profill 2011).

$$V = ((-5, 893)(Área^2)) + ((38.479, 0)(Área)) \quad (3.1)$$

A equação 3.2 (Profill 2011) é utilizada para barragens cuja área esteja entre o intervalo de 10 a 100 hectares de área alagada.

$$V = ((158, 03)(Área^2)) + ((12.1879, 0)(Área)) \quad (3.2)$$

Já para áreas em que os alagues sejam menores que 10 hectares, é usada a equação 3.3 (Profill 2011).

$$V = ((622, 54)(Área^2)) + ((8.785, 9)(Área)) \quad (3.3)$$

Dessa maneira, utilizou-se um recurso de linguagem computacional do software, resultando no seguintes gráficos para facilitar o processo do cálculo do volume, anexo 1.

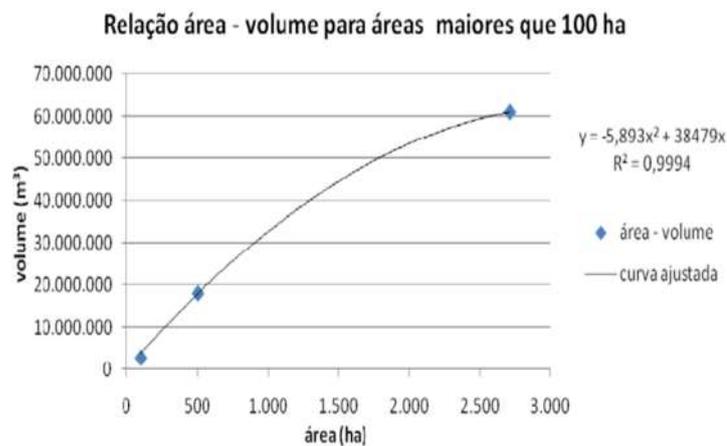


Figura 9 – Relação área e volume para barragens acima de 100 ha.

Fonte: Profill 2011.

Sendo assim, através da equação 3.4, foi estimado o potencial gerador de cada espelho d'água.

$$P = \rho ghQe \quad (3.4)$$

Sendo:

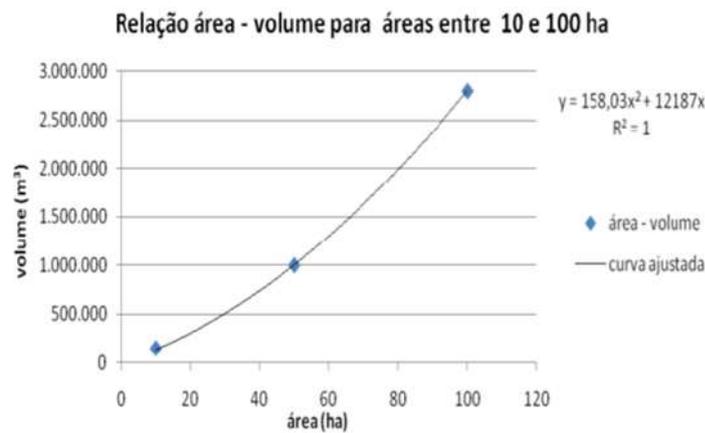


Figura 10 – Relação área e volume para barragens acima de 10 ha e abaixo de 100 ha.
 Fonte: Profill 2011.

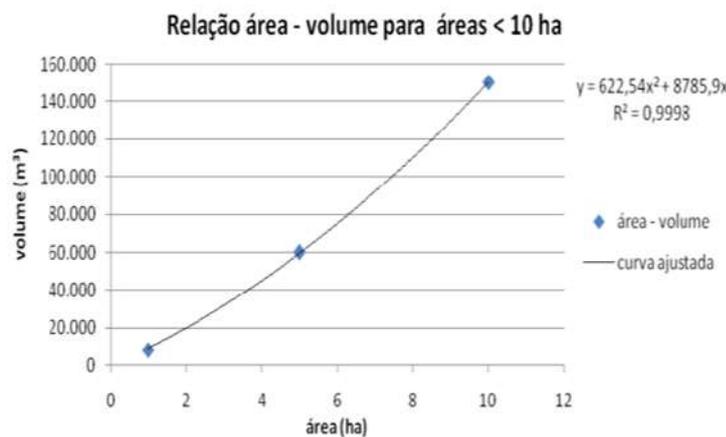


Figura 11 – Relação área e volume para barragens abaixo de 10 ha.
 Fonte: Profill 2011.

P = Potência [kW];

ρ = Massa específica do fluido [T/m^3],

g = Aceleração da gravidade [m/s^2];

h = Altura do barramento [m];

Q = Vazão do canal/tubo [m^3/s] e

e = Rendimento do conjunto turbo-bomba.

Para o cálculo da potência foi estimado um valor da vazão baseado no volume útil bem como uma altura típica das barragens agrícolas que tipicamente gira em torno de 4,5 a 5 metros. Para a energia capaz de ser produzida foi considerado 70% do volume útil de cada barramento individualmente, restando portanto 30% de volume morto, ou seja, que não é utilizável, a figura 12 ilustra a diferença entre volume útil e volume morto.

Também foi considerada contribuição anual que a microbacia hidrográfica onde se

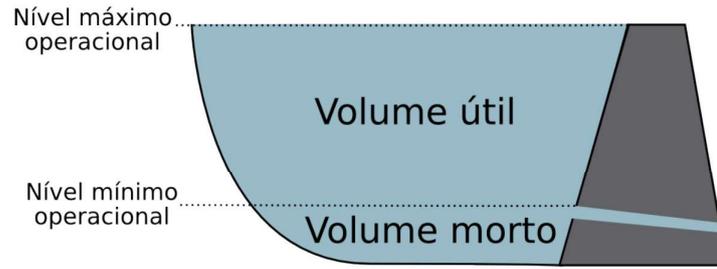


Figura 12 – Volume útil e volume morto.

situa o barramento contribui para a reservação, levando-se em consideração a precipitação média anual identificada pela tabela 3, conforme os dados do INMET. Nesta tabela pode-se perceber que 8 meses a pluviosidade foi superior a 120 mm e 4 meses inferior, com um mínimo em junho.

Tabela 3 – Pluviosidade Média Anual da região Fronteira Oeste

Fonte: INMET

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	123,78
Fevereiro	148,24
Março	155,52
Abril	120,00
Maió	119,38
Junho	94,32
Julho	102,34
Agosto	106,84
Setembro	130,48
Outubro	142,00
Novembro	104,36
Dezembro	121,00
TOTAL	1468,26

Para o cálculo do volume de água acumulado pela media pluviométrica anual foi utilizada a equação 3.5, como a unidade de medida da chuva é em mm deve ser convertida para m.

$$Vol = (\text{Área}(m^2))(\text{Pluv.}(m)) \quad (3.5)$$

Sendo:

Vol = Volume de água acumulada [m^3];

Área = Área de captação de água [m^2],

Pluv. = Pluviometria média [m];

De posse destes dados, foi possível quantificar a geração de energia que seria alcançada por um produtor, ou cidadão qualquer que queira amenizar o impacto financeiro da fatura de energia, a partir da instalação de uma MCH.

Historicamente, buscando prevenir possíveis secas e mudanças climáticas bruscas, os grandes e pequenos produtores investiram na construção de barragens, que serviriam tanto para dessedentação animal quanto para irrigação de lavouras.

Além dessas utilidades, uma, que por enquanto ainda não foi explorada, é a micro geração de energia. Como a maioria dos espelhos d'água possuem vertedouros, muitas tem canais de fundo ou sifões instalados, sendo assim três opções para explorar a energia primária (irrigação) ou a energia secundária (vertimento) ao longo do ano, a única força atuante sobre a queda d'água é a gravidade. Para um aproveitamento energético desse potencial, bastaria apenas a instalação de uma micro ou pequena central hidroelétrica dimensionando-a para cada caso particular e não alterando sua utilização principal e o curso da água e também não causando impactos ambientais significativos.

Para o cadastro da rede elétrica de média tensão, fundamental nesse processo de análise de custos da implementação de sistemas de geração distribuída foi utilizado um levantamento prévio realizado pela concessionária, pertencente ao Grupo CPFL Energia, RGE Sul. Sendo assim, pode-se perceber que na grande maioria dos espelhos d'água a rede elétrica era presente, isso deve-se ao fato de alguns sistemas de irrigação também possuírem um sistema de bombeamento através de motores elétricos.

4 Resultados e Discussão

4.1 Levantamento de Dados via Software SIG

Utilizado o software QGIS, foi possível fazer os levantamentos necessários para ter um parâmetro da situação da capacidade hídrica atual. Nessa seção foi realizada a delimitação da área de trabalho, a identificação das barragens existentes (contendo os parâmetros de área alagada, volume acumulado, vazão média, etc.), capacidade de geração de energia elétrica e análise da rede elétrica de média tensão.

4.1.1 Delimitação da Área de Trabalho

Por concentrar mais da metade da produção nacional de arroz, a Fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul apresenta um número significativo de barragens de pequeno e médio porte, essa que por sua vez é utilizada tanto para irrigação dessa cultura como para dessedentação animal.

4.1.1.1 Região e Municípios

Foi realizada a localização geográfica e os municípios que compõem a região da área de interesse do presente trabalho. Essa divisão de região foi realizada com base dos dados da AMFRO (Associação dos Municípios da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul).

4.1.2 Barragens Existentes

A partir do levantamento prévio da área de estudo, foi possível cadastrar todas as barragens existentes na Fronteira Oeste acima de 5 ha, conforme a figura 13, utilizando o sistema de coordenadas (SRC) SIRGAS 2000.

Totalizando a maior produção orizícola da federação, o Rio Grande do Sul tem um papel de destaque na economia e no uso de água do país. Segundo o ATLAS Irrigação - Uso da Água na Agricultura Irrigada, o estado gaúcho ocupa o primeiro lugar quando o quesito é área irrigada, com um montante de 1.368.327 ha, seguido do estado paulista com 1.300.047 ha e Minas Gerais com 1.082.373 ha.

Dentro desse cenário, os municípios gaúchos com a maior participação na produção orizícola nacional são Uruguaiana (5,1%), Itaqui (4,8%), Santa Vitória do Palmar (4,1%), Alegrete (4%) e São Borja (3,2%).

Comparando o número total de barragens com a produção orizícola da Fronteira Oeste obteve-se o seguinte resultado, evidenciado pelo Mapa de Kernel da figura 14. Com

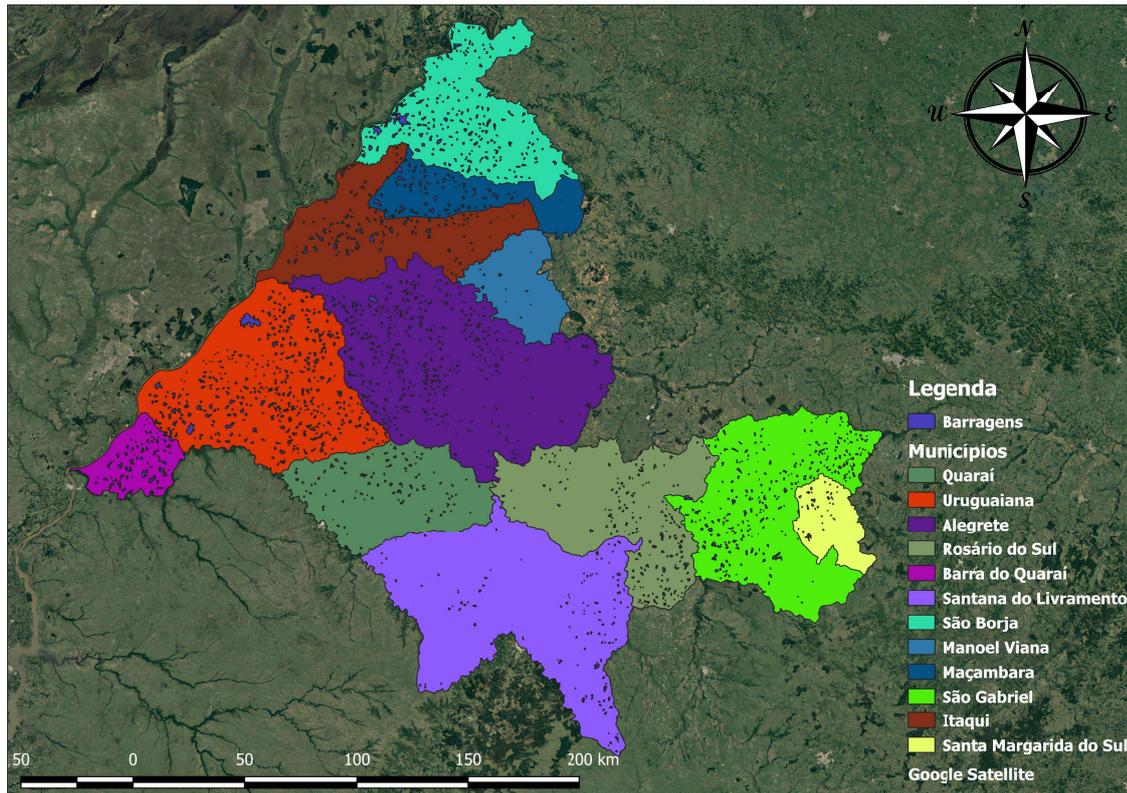


Figura 13 – Barragens Identificadas na Fronteira Oeste.

Fonte: Ana/LandSat.

a seguinte configuração:

- Tamanho do Pixel X: 0,001 m
- Tamanho do Pixel Y: 0,001 m
- Raio (Unidades da Camada): 0,2 m

4.1.3 Capacidade de Acumulação Hídrica

Com base nos dados levantados das barragens existentes, e utilizando as equações 3.1, 3.2 e 3.3 tornou-se possível obter o volume de cada barragem individual, totalizando 1.727.299.340,55 m^3 de água acumulada.

Na tabela 4 estão contidos os espelhos d'água com a maior capacidade de armazenamento de água.

4.1.4 Potência Média de Geração Hidroelétrica de Barragens

Para o cálculo da potência média de geração de cada barragem foi utilizada a equação 3.4.

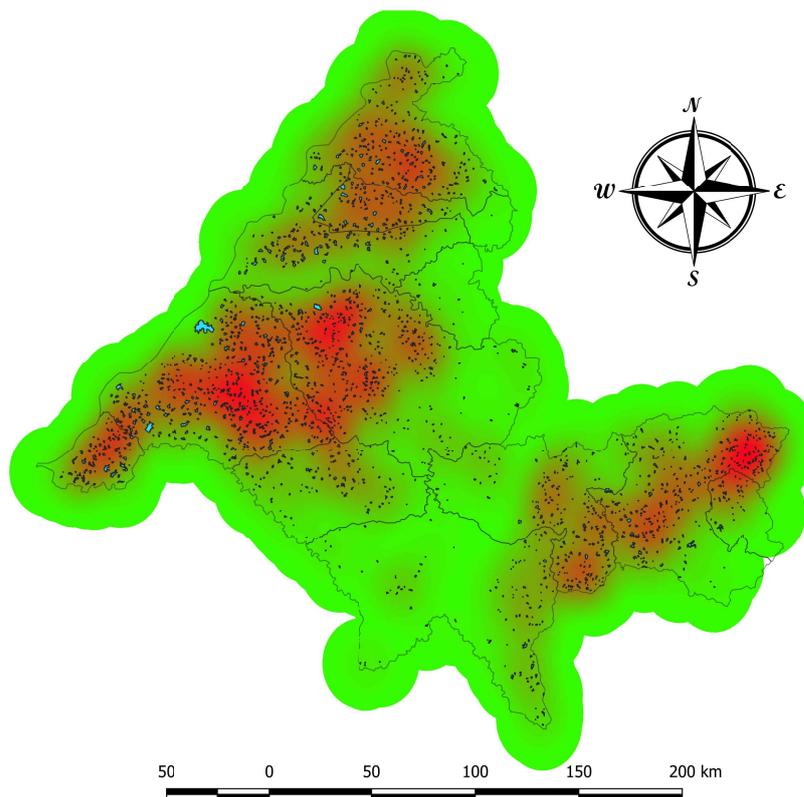


Figura 14 – Mapa de Kernel das Barragens da Fronteira Oeste.
Fonte: O autor.

Tabela 4 – Capacidade de Acumulação Hídrica (Barragens Acima de 400 ha)

Área (ha)	Volume (m^3)
2.975,79	62.320.980,08
977,38	31.979.340,07
614,80	21.429.536,80
429,78	15.449.077,10
422,00	15.188.688,98
420,22	15.129.191,79
419,27	15.097.296,31
412,74	14.877.894,27
402,67	14.538.927,29

Levando em consideração uma altura média dos barramentos, e também tomando como base o volume útil da barragem, utilizando os meses com maior pluviometria média a vazão do vertedouro suportada, foi possível obter a economia (em kWh) que um produtor poderia obter instalando um sistema de microgeração, o que resultou na Tabela 5. O rendimento médio utilizado foi e 75%. A economia de energia gerada foi baseada no preço da tarifa BT rural, e o prazo para o retorno do investimento ficou em aproximadamente 4 anos.

Os demais dados das barragens estão contidos na íntegra no sistema de informação geográfica.

Tabela 5 – Capacidade de Geração e Economia de Energia

Area (ha)	Vaz.(m ³ /s)	Pot. (kW)	Energia Gerada (kWh)	Inv. (R\$)	Economia (R\$/ano)
2.975,7881	8,01	168,21	1.289.329,65	3.027.780,00	850.957,57
977,3856	4,11	152,07	1.165.616,55	2.737.260,00	769.306,92
614,80	2,75	101,90	781.048,17	1.834.164,00	515.491,79
429,78	1,99	73,48	563.239,53	1.322.676,00	371.738,09
422,00	1,95	72,22	553.596,96	1.300.032,00	365.373,99
420,22	1,95	71,97	551.611,73	1.295.370,00	364.063,74
419,27	1,94	71,78	550.193,70	1.292.040,00	363.127,84
412,74	1,91	70,74	542.252,76	1.273.392,00	357.886,82
402,67	1,97	69,15	530.057,75	1.244.754,00	349.838,11

4.1.5 Custo de Implementação de uma MCH ou PCH

Um dos desafios para a instalação de uma MCH ou PCH é o custo inicial avaliado, para uma usina de 20 kW, em aproximadamente R\$ 400.000,00 contando com a obra de execução civil da barragem. Dessa forma, o valor do kW seria US\$ 5.797,101. Porém, como na maioria dos casos da Fronteira Oeste a barragem já se encontra construída o custo reduz drasticamente, ficando em torno de 3.800,00 R\$/kW conforme informações do fabricante HIGRA em apresentação realizada para um turbo hidro gerador compacto.

Se comparado a outras fontes de energia alternativa, o custo de implementação se torna menos atrativo quando se torna necessário a construção da barragem, por exemplo, em relação ao preço do kW da energia solar, que atualmente está em torno de US\$ 1.267,82 por kW.

Porém, umas das grandes vantagens é a geração constante nos dois turnos (dia e noite), já a energia solar o índice HPS (Horas de sol por dia) gira em torno de 4,7 - 5,1. Dessa forma, o retorno do investimento nos equipamentos de geração hidráulica é bastante sólido.

4.1.6 Rede Elétrica de Media Tensão

O objetivo principal desse levantamento foi realizar uma avaliação mais precisa dos custos e também identificar a necessidade de construção e adequação da rede elétrica. A figura 15 ilustra o levantamento técnico de toda a rede pertencente a região da Fronteira Oeste, os dados em totalidade se encontram na camada "Rede Elétrica" onde estão contidos o nome dos alimentadores bem como a superintendência responsável pela manutenção do alimentador.

Outro ponto importante foi avaliar a proximidade da rede com a barragem, o que é identificado na figura 16.

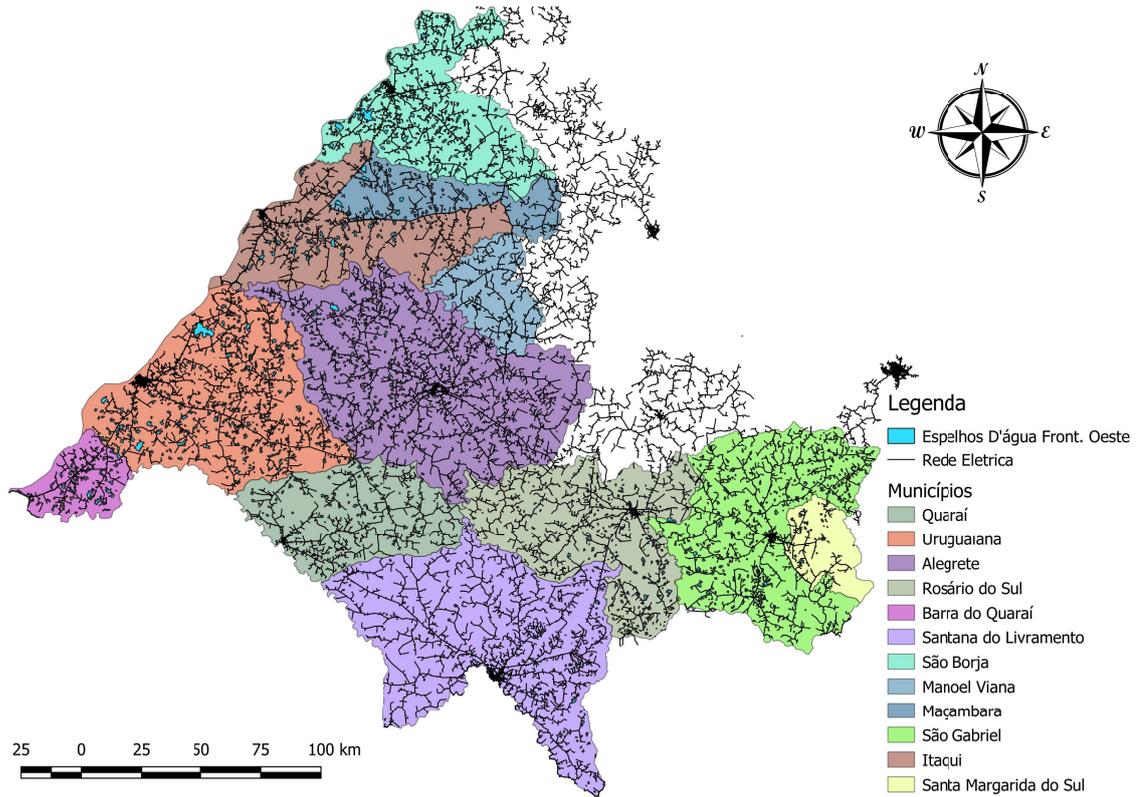


Figura 15 – Rede Elétrica de Média Tensão.

Fonte: RGE Sul.

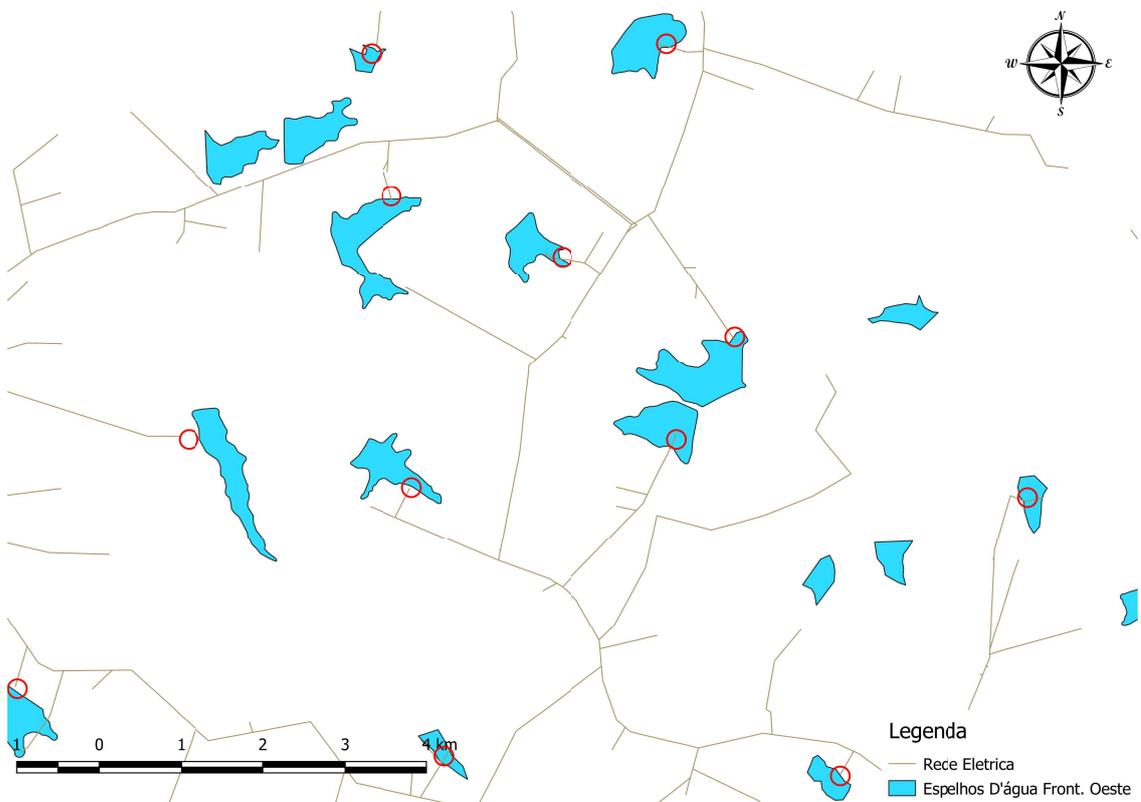


Figura 16 – Proximidade da Rede Elétrica com as Barragens.

Fonte: O autor.

4.1.7 Sistema de Informação Geográfica da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul

O Sistema SIG foi estruturado no software QGIS e contando com as camadas a seguir, nas quais estão ligados os atributos:

Camadas Vetoriais ou planos de informação:

- Rede Elétrica de Media Tensão;
- Barragens da Fronteira Oeste;
- Municípios da região da Fronteira Oeste;
- Malha dos Rios;
- Centróides das barragens.

Camadas Matriciais:

- Mapa de Kernel;
- Mosaico SRTM da Fronteira Oeste;

Todo o projeto foi construído interligado, bastando apenas um software de geoprocessamento para ter acesso aos dados.

4.2 Considerações Finais

O trabalho realizado consistiu em fazer um levantamento do potencial gerador de cada represa de água contida na Fronteira Oeste, bem como analisar a proximidade destas com a rede elétrica e criar um Sistema de Informação geográfica.

Com esse trabalho foi possível identificar a área alagada, o volume de água acumulado, o quantitativo de água passível de ser armazenada através das chuvas e o potencial de geração distribuída. Também vale salientar que a instalação desse sistema não ocasionaria nenhum impacto ambiental, uma vez que a barragem já está construída e existe a energia potencial gravitacional no sistema.

Destaca-se que pela grande demanda atual de energia da região, devido a cultura orizícola, esses sistemas microgeradores ocasionariam um grande impacto positivo na qualidade de energia, ou seja, em alimentadores muitos longos, a qualidade de energia cai drasticamente, com a instalação de um micro ou mini gerador hidroelétrico os parâmetros da qualidade de energia se tornariam adequados.

Dessa forma foram avaliadas 2013 barragens potenciais para a geração de energia. Dessa base de informações se originou um banco de dados georreferenciado de toda a Fronteira Oeste, sendo possível visualizar os atributos de cada barragem específica.

Totalizando 1,185 MW de potência, a energia gerada pela instalação de micro ou pequenas centrais hidroelétricas nesses barramentos seria equivalente a uma usina de médio porte, em torno de 80% maior que a potência instalada na Usina Termoelétrica de Uruguaiana da AES Corp. - 660 MW. Podendo aliviar a demanda sazonal de energia elétrica dos levantes hidráulicos, uma vez que a geração também coincidiria com o período de irrigação orizícola.

Considerando o valor médio de R\$ 20.000,00 por kW de energia gerada e umm média de 0.66 centavos e real por kWh produzido, o payback para uma usina de 30,303 kW ficou em 3,6 anos. Esse retorno é vantajoso, principalmente, pela geração quase constante de energia, fazendo comparação com o solar, uma usina de potência semelhante leva em torno de 5-6 anos para retornar do investimento.

Uma maneira de potencializar a capacidade de geração de energia é aumentar a altura do barramento, conseqüentemente aumentando a energia potencial gravitacional.

Logo, os objetivos deste trabalho foram alcançados com êxito, consistindo no sistema de informações geográficas georreferenciados todos os resultados apresentados ao longo deste trabalho (potência média de geração, quantitativo de economia de energia, custo de implementação, etc.).

Para trabalhos futuros espera-se viabilizar a implementação de uma micro central em uma barragem orizícola para a validação dos dados apresentados e equações utilizadas, como por exemplo as equações que relacionam área e volume da Profill, bem como da explanação das vantagens obtidas, sendo necessário os dados de volume de água contido e altura do barramento. Outro fator importante é o estudo de novos equipamentos que viabilizem financeiramente os equipamentos hidrogeradores, este que atualmente é o grande empecilho para a implementação de micro e mini geradores hidráulicos.

Outro trabalho que pode ser realizado seria analisar a viabilidade de utilizar a área alagada dos barramentos para implementação de um conjunto de gerador solar em balsas. Isso acarretaria um maior aproveitamento e produtividade da capacidade de geração, pois seria uma nova forma de aproveitamento conjunto entre o solar e o hidráulico.

Referências Bibliográficas:

- [1] PROFILL. **Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí - Fases A e B RT 03**, Porto Alegre, Sema/DRH, 2011.
- [2] Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul
- [3] Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Recomendações técnicas a pesquisa para o Sul do Brasil / Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Itajaí, SC: SOSBAI, 2012.
- [4] PUGATCH, V. **Estimativa da Capacidade de Irrigação da lavoura arrozeira.**, 1991.
- [5] Marques, R. **Estimativa de volume de água em açudes para irrigação da cultura orizícola em Santa Margarida do Sul**, São Gabriel, 2012.
- [6] IRGA. **Censo Agropecuário**, Porto Alegre, 2005.
- [7] Stone, L, F. et al, **Métodos de Irrigação**, AGEITEC.
- [8] Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada / Agência Nacional de Águas.** - Brasília: ANA, 2017.
- [9] MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 3. ed. Viçosa: Ufv, 200
- [10] **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos.** Brasília: ANA, 2013, 252 p. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sof/MANUALDEProcedimentosTecnicoeAdministrativosd>> Acesso em: 12 set. 2018.
- [11] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno setorial de recursos hídricos: agropecuária.** Brasília: MMA, 2006, 96 p.
- [12] LARENTIS, D. G., **Modelagem Matemática da Qualidade da Água em Grandes Bacias: Sistema Taquari-Antas – RS.** Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.
- [13] LIMA, B. L. T.; Souza, S. A.; Rocha, P. E., **Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos – Embrapa Semiárido**, 2007.
- [14] Righes, A. A.; **Eficiência do uso da água em sistema de irrigação com inundação: o caso do arroz - II Simpósio Nacional Sobre o Uso da Água na Agricultura**, 2006

Anexos

ANEXO A – Código para Obtenção do Volume das Barragens

```
case
when "Area» 100
then ( $-5.893 * "Area"{}^2 + 38479 * "Area"$ )
when "Area«= 100 OR "Area»= 10
then ( $158.03 * "Area"{}^2 + 12187 * "Area"$ )
when "Area« 10
then ( $622.54 * "Area"{}^2 + 8785.9 * "Area"$ )
end
```


ANEXO B – Dados das barragens Por Município

B.0.1 Alegrete

No município de Alegrete foram identificadas 394 barragens, totalizando 218.852.364,56 m^3 de água acumulada. A figura 17 demonstra a localização geográfica das barragens encontradas.

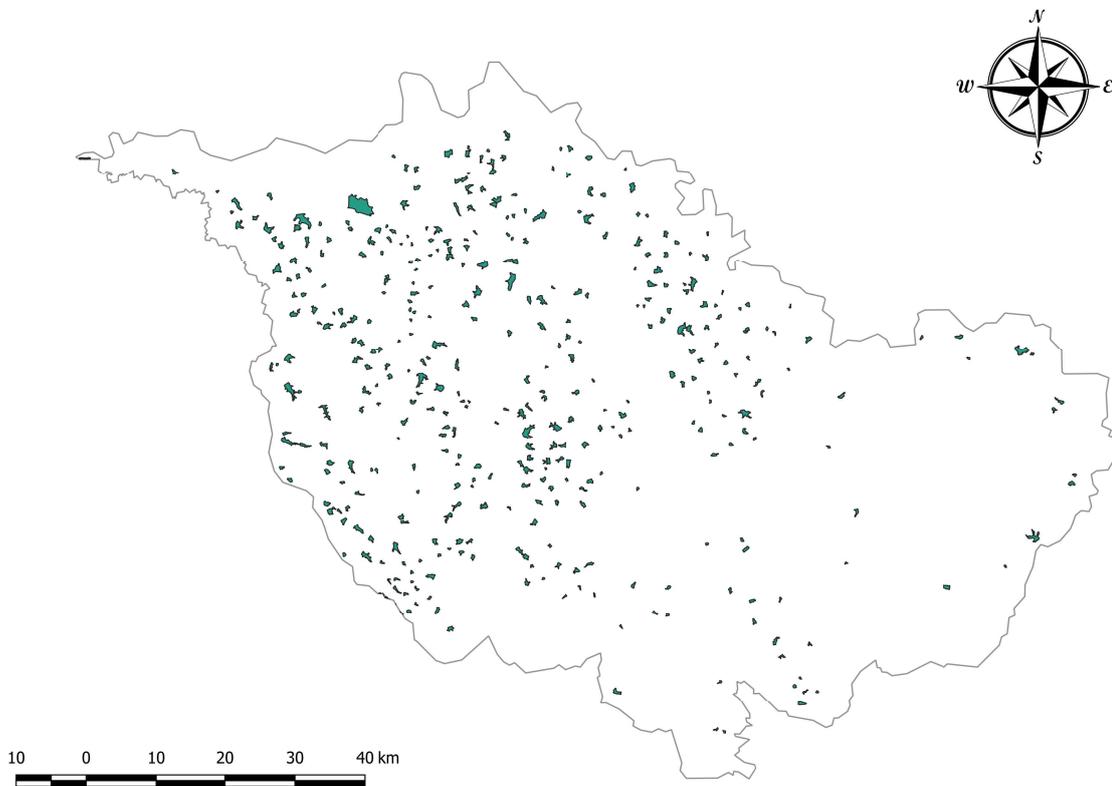


Figura 17 – Barragens Identificadas em Alegrete.
Fonte: O autor.

B.0.2 Barra do Quaraí

No município de Barra do Quaraí foram identificadas 81 barragens, totalizando 97.335.467,82 m^3 de água acumulada. A figura 18 demonstra a localização geográfica das barragens encontradas.

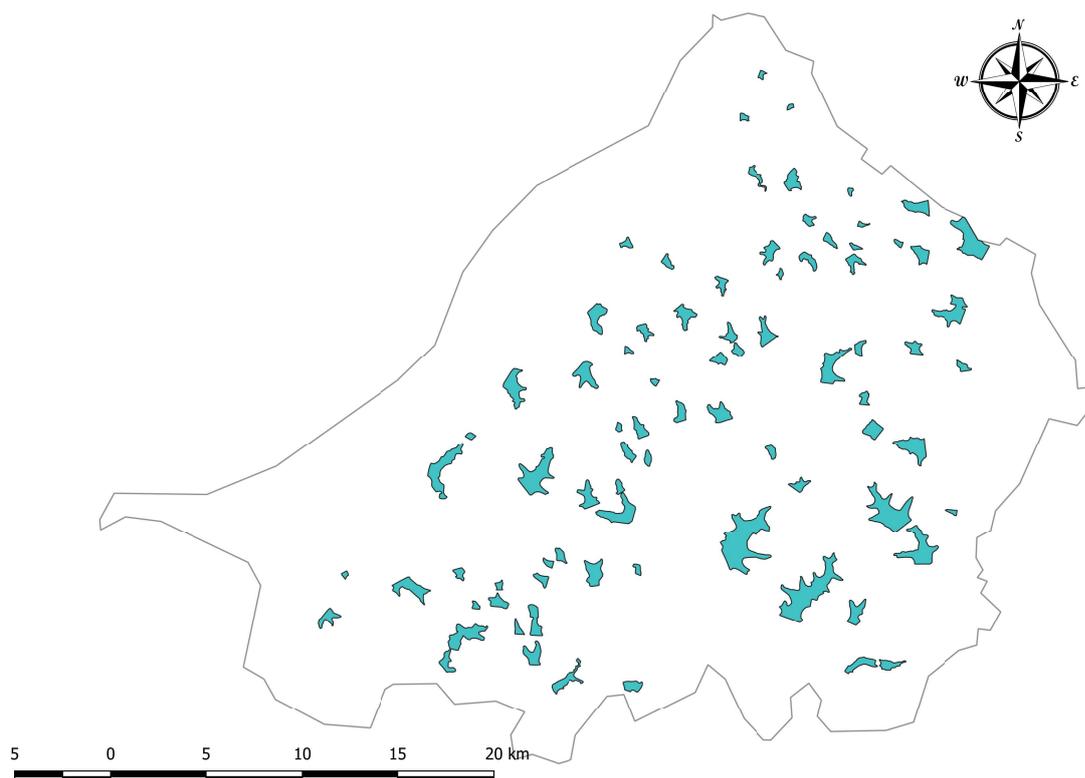


Figura 18 – Barragens Identificadas em Barra do Quaraí.

Fonte: O autor.

B.0.3 Itaqui

No município de Itaqui foram identificadas 119 barragens, totalizando 167.979.294,44 m^3 de água acumulada. A figura 19 demonstra a localização geográfica das barragens encontradas.

B.0.4 Maçambará

No município de Maçambará foram identificadas 87 barragens, totalizando 103.495.658,34 m^3 de água acumulada. A figura 20 demonstra a localização geográfica das barragens encontradas.

B.0.5 Manoel Viana

No município de Manoel Viana foram identificadas 10 barragens, totalizando 4.334.498,27 m^3 de água acumulada. A figura 21 demonstra a localização geográfica das barragens encontradas.

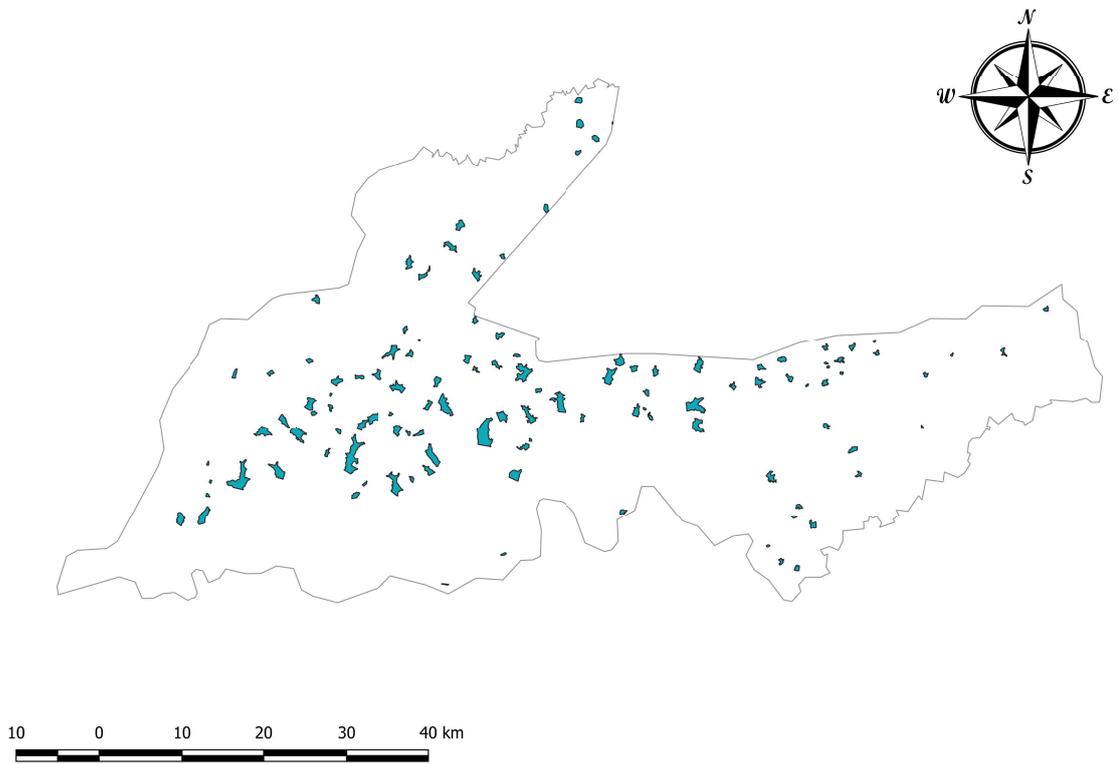


Figura 19 – Barragens Identificadas em Itaqui.

Fonte: O autor.

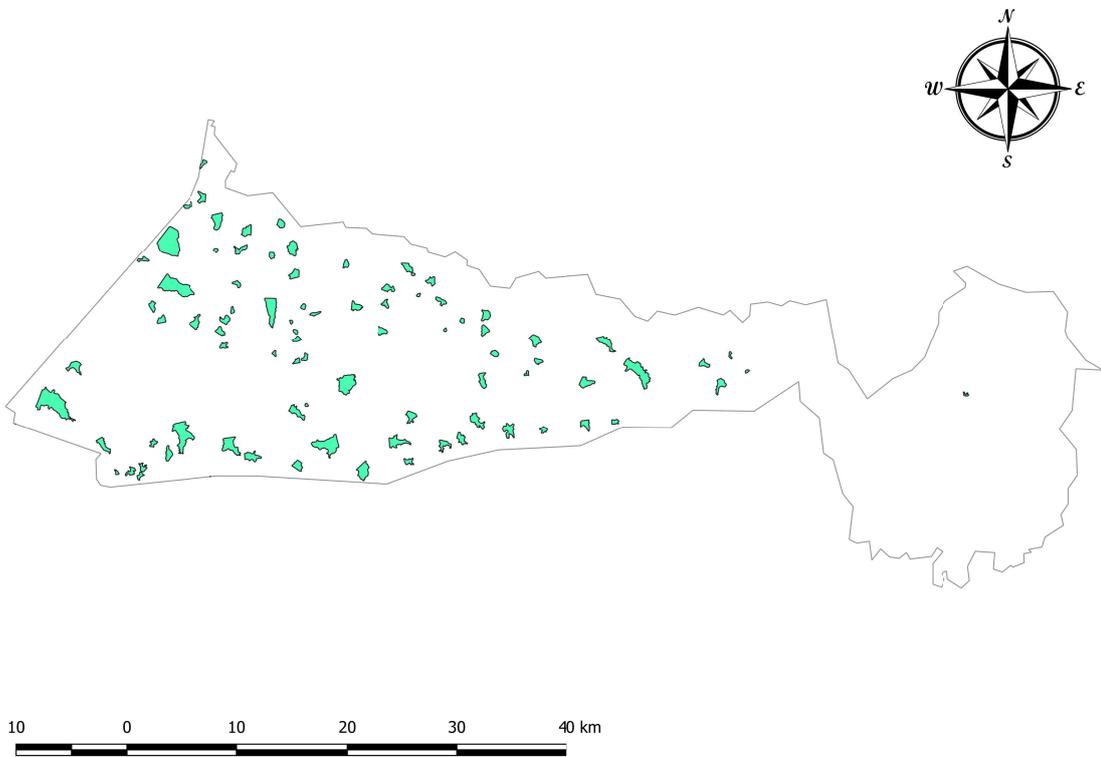


Figura 20 – Barragens Identificadas em Maçambará.

Fonte: O autor.

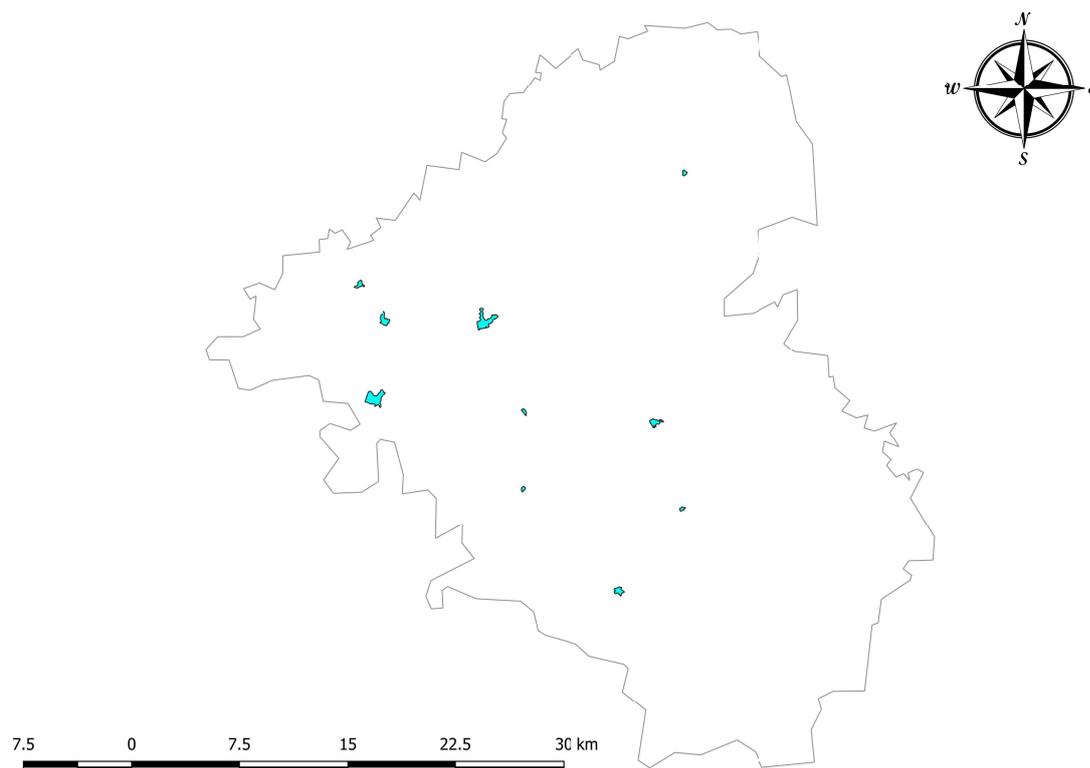


Figura 21 – Barragens Identificadas em Manoel Viana.

Fonte: O autor.

B.0.6 Quaraí

No município de Quaraí foram identificadas 98 barragens, totalizando 66.077.529,41 m^3 de água acumulada. A figura 22 demonstra a localização geográfica das barragens encontradas.

B.0.7 Rosário do Sul

No município de Rosário do Sul foram identificadas 180 barragens, totalizando 120.571.986,15 m^3 de água acumulada. A figura 23 demonstra a localização geográfica das barragens encontradas.

B.0.8 São Gabriel

No município de São Gabriel foram identificadas 284 barragens, totalizando 179.223.354,48 m^3 de água acumulada. A figura 24 demonstra a localização geográfica das barragens encontradas.

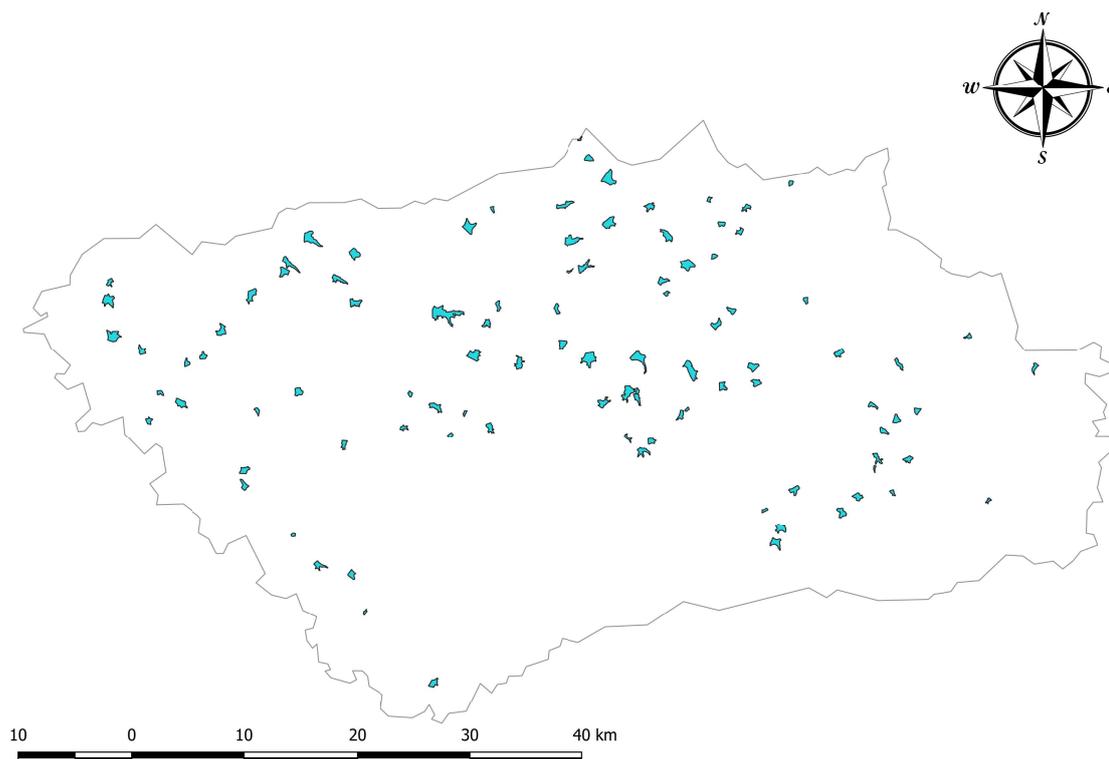


Figura 22 – Barragens Identificadas em Quarai.

Fonte: O autor.

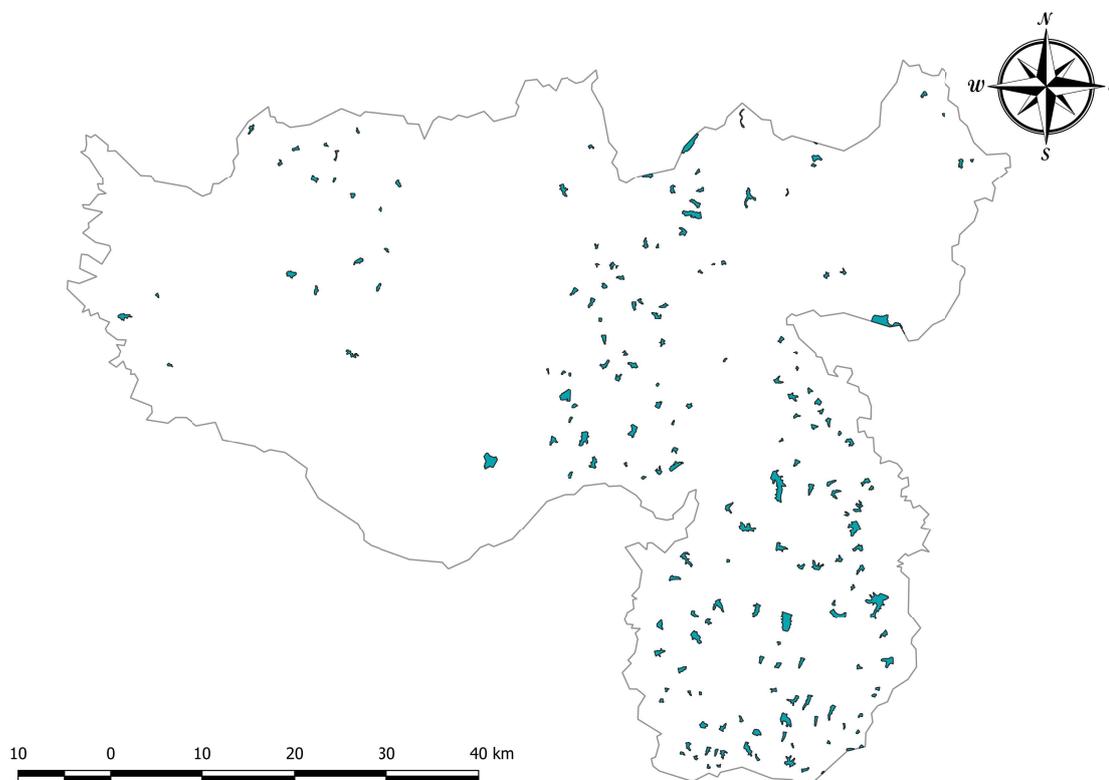


Figura 23 – Barragens Identificadas em Rosário do Sul.

Fonte: O autor.

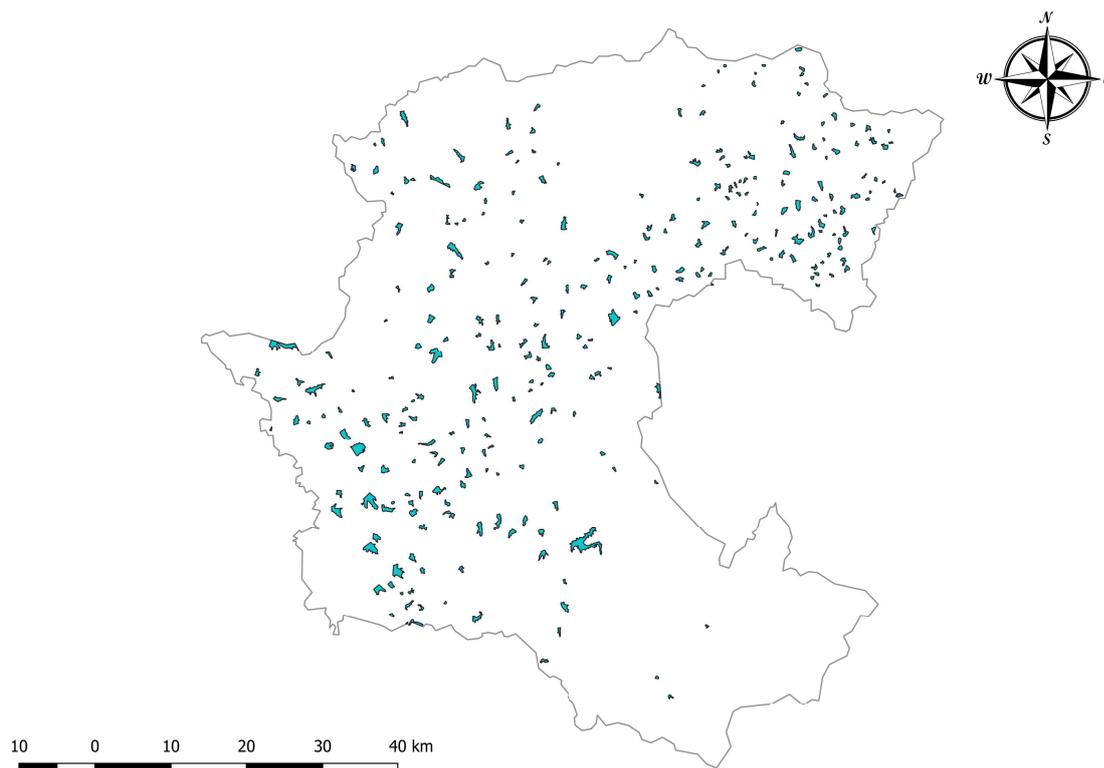


Figura 24 – Barragens Identificadas em São Gabriel.

Fonte: O autor.

B.0.9 São Borja

No município de São Borja foram identificadas 203 barragens, totalizando 214.944.654,18 m^3 de água acumulada. A figura 25 demonstra a localização geográfica das barragens encontradas.

B.0.10 Santana do Livramento

No município de Santana do Livramento foram identificadas 117 barragens, totalizando 166.374.015,26 m^3 de água acumulada. A figura 26 demonstra a localização geográfica das barragens encontradas.

B.0.11 Santa Margarida do Sul

No município de Santa Margarida do Sul foram identificadas 34 barragens, totalizando 20.949.385,88 m^3 de água acumulada. A figura 27 demonstra a localização geográfica das barragens encontradas.

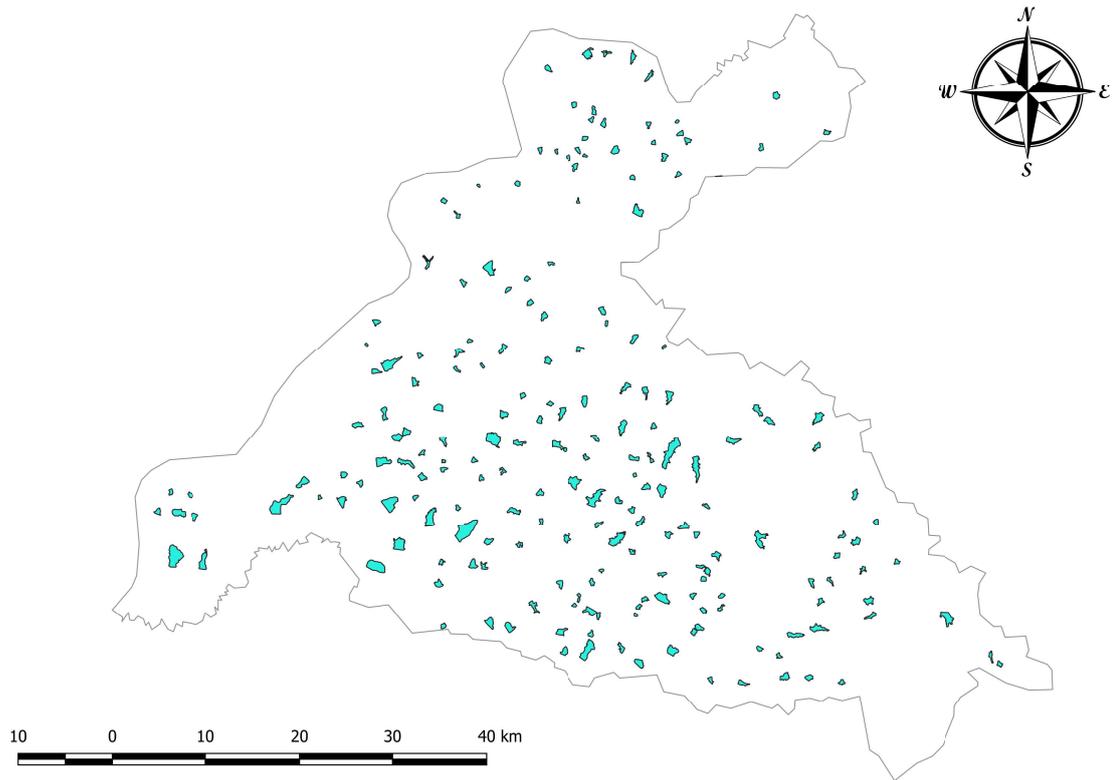


Figura 25 – Barragens Identificadas em São Borja.

Fonte: O autor.

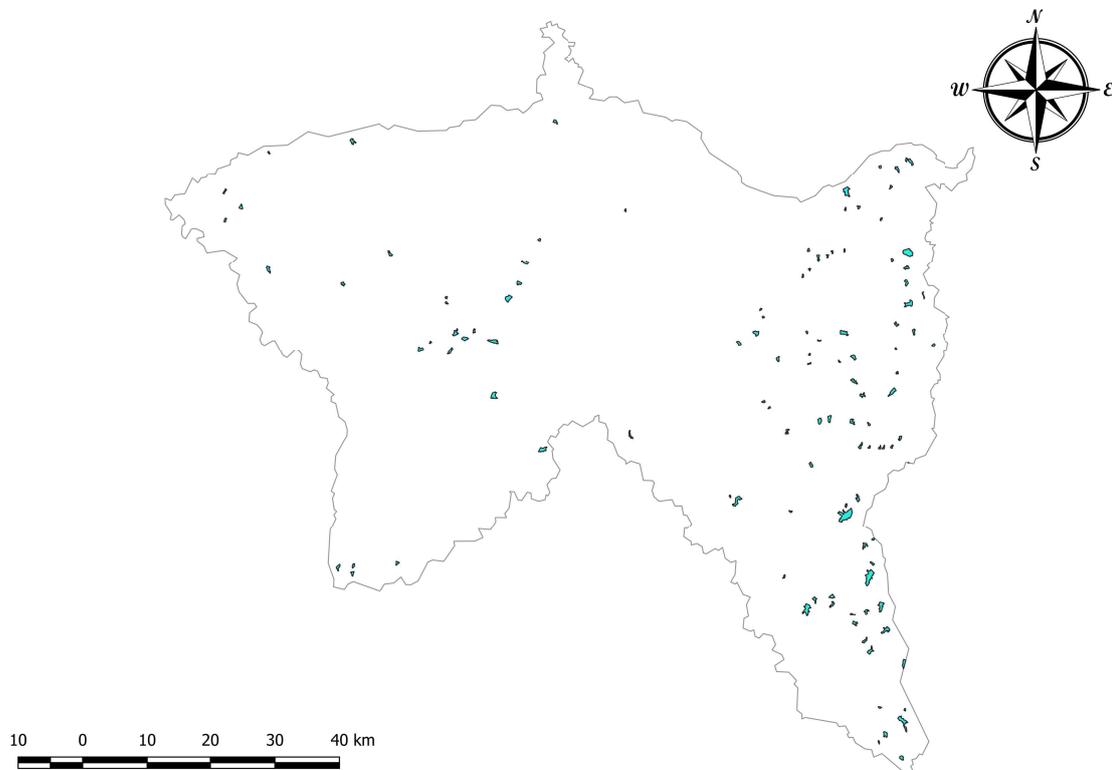


Figura 26 – Barragens Identificadas em Santana do Livramento.

Fonte: O autor.

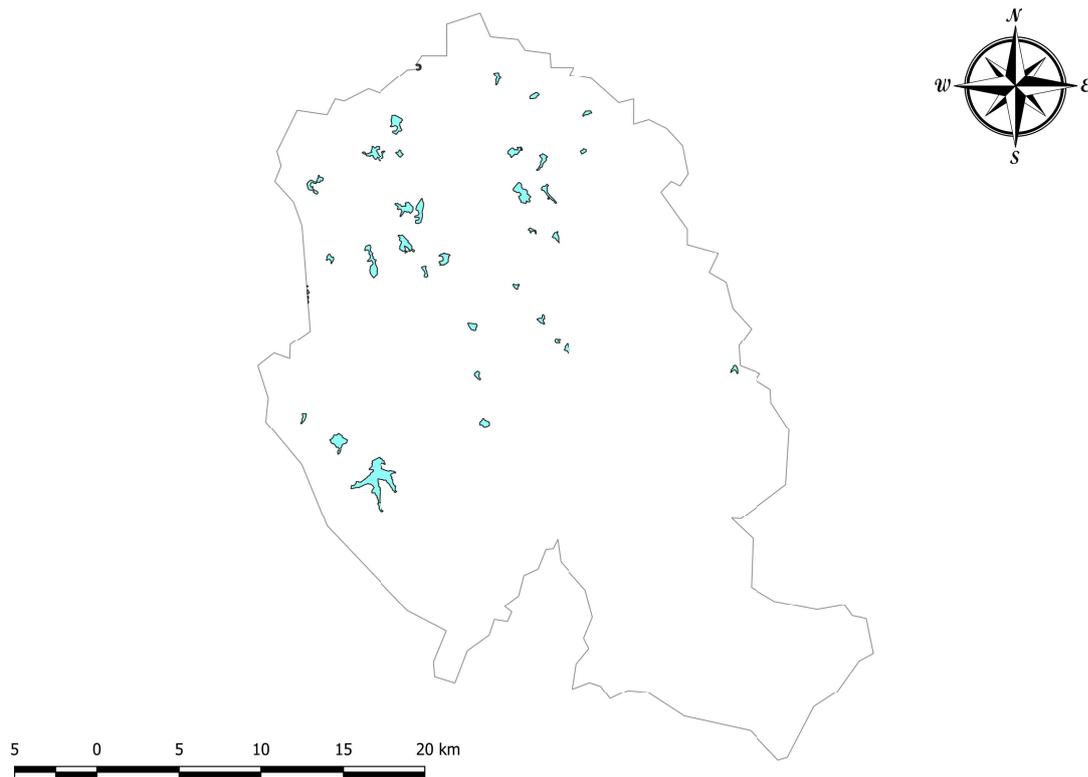


Figura 27 – Barragens Identificadas em Santa Margarida do Sul.

Fonte: O autor.

B.0.12 Uruguaiana

No município de Santa Margarida do Sul foram identificadas 419 barragens, totalizando 374.161.101,21 m^3 de água acumulada. A figura 28 demonstra a localização geográfica das barragens encontradas.

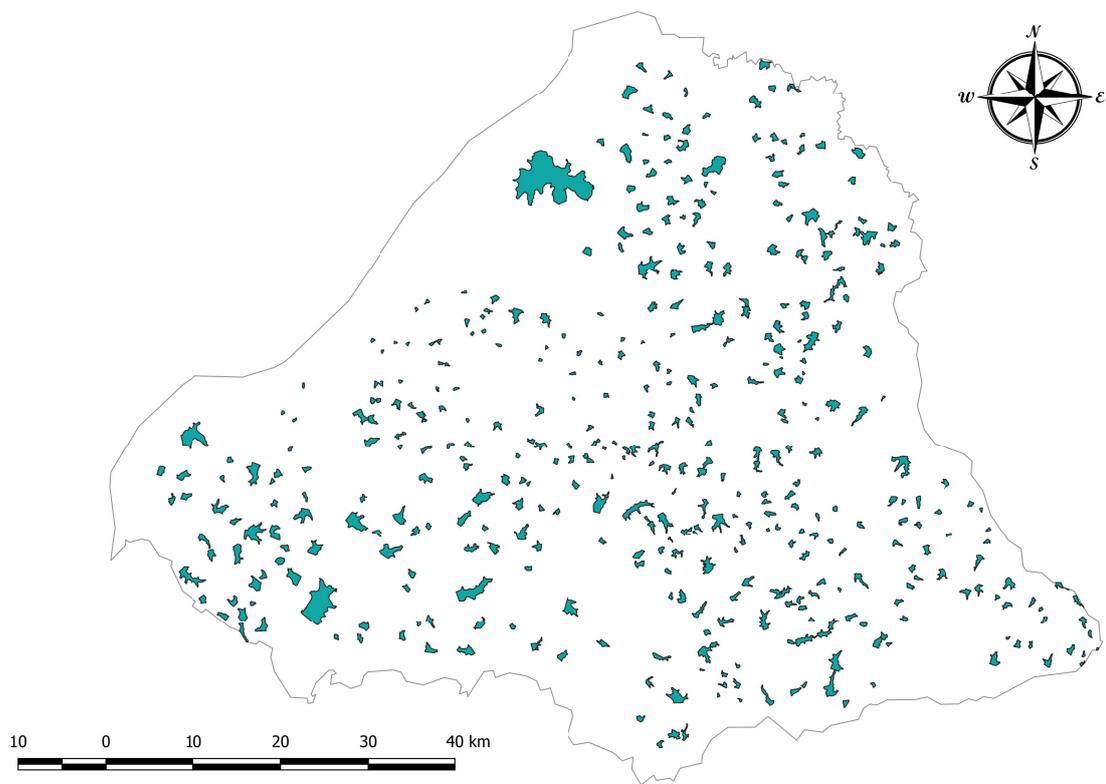


Figura 28 – Barragens Identificadas em Uruguaiana.
Fonte: O autor.