Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Avaliação da disponibilidade de energia elétrica para expansão da área irrigada no
Brasil

André Luiz Couto Assunção

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2017

André Luiz Couto Assunção
Bacharel em Gestão Ambiental

Avaliação da disponibilidade de energia elétrica para expansão da área irrigada no Brasil

Orientador:
Prof. Dr. **DURVAL DOURADO NETO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Assunção, André Luiz Couto

Avaliação da disponibilidade de energia elétrica para expansão da área irrigada no Brasil / André Luiz Couto Assunção. - - Piracicaba, 2017.

82 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Irrigação 2. Análise Territorial 3. Geoprocessamento 4. Infraestrutura Energética. I. Título

Dedico

*À minha Família que suportou todos os momentos dessa longa jornada, Aos
Companheiros de projetos e a todos que de alguma forma contribuía com sua
experiência e aconselhamentos e com os quais divido mais essa grande
conquista.*

Agradecimentos

Agradeço à minha família pelo constante incentivo, em especial minha companheira Aracely e meu filho Eros.

Ao meu grande orientador Dr. Durval Dourado Neto e aos ilustres pesquisadores e amigos Alberto Barretto, Rodrigo Maule, Gerd Sparovek e Felipe Cerignoni pelas enormes contribuições.

Agradecimento especial ao time do Grupo de Políticas Públicas da Esalq (GPP) pelo treinamento proporcionado ao longo dos anos.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela oportunidade.

Às equipes técnicas das Agências ANA e ANEEL pela colaboração fraterna e compartilhamento dos dados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os demais e igualmente importantes amigos e colaboradores, muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS	11
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. ANÁLISE TERRITORIAL PARA O DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA IRRIGADA NO BRASIL	15
2.1.1. <i>Potencial de desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil</i>	15
2.1.2. <i>Motivação da Intervenção pública</i>	15
2.1.3. <i>Tecnologia voltada aos cultivos irrigados no Brasil</i>	16
2.1.4. <i>Sistemas de informações geográficas e bancos de dados</i>	16
2.1.5. <i>Componentes envolvidos no desenvolvimento da agricultura irrigada</i>	16
2.1.6. <i>O problema da escala e a representação da realidade do desenvolvimento da agricultura irrigada do Brasil</i>	17
2.1.7. <i>Complicação, complexidade e metodologia</i>	17
2.1.8. <i>O modelo proposto: dos pressupostos e funcionalidade</i>	17
2.1.9. <i>Da forma de lidar com a complicação</i>	18
2.1.10. <i>Necessidade de irrigação, área adicional irrigável e área irrigada</i>	18
2.1.11. <i>Área irrigável e área irrigada no Brasil</i>	24
2.1.12. <i>Análise territorial</i>	27
2.2. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO	27
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. QUALIDADE DA INFRAESTRUTURA ENERGÉTICA PARA PROJETOS DE IRRIGAÇÃO	31
3.2. FLUXO COMPLETO DAS ETAPAS DE PROCESSAMENTO	31
3.3. OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO ESPACIAL DE DADOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	32
3.4. PROCESSAMENTO ESPACIAL DE DADOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: VERIFICAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DA BASE VETORIAL	32
3.5. PROCESSAMENTO DAS DISTÂNCIAS	36
3.6. CLASSE DE QUALIDADE ENERGÉTICA	37
3.7. CLASSIFICAÇÃO DAS DISTÂNCIAS PARA SEGMENTOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA TENSÃO	37
3.8. ESTUDO DE CASO: POTENCIAL DE EXPANSÃO DA AGRICULTURA IRRIGADA NO MATO GROSSO	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1. PROCESSAMENTO ESPACIAL DE DADOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: VERIFICAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DE BASE VETORIAL	39
4.2. PROCESSAMENTO DAS DISTÂNCIAS	41
4.3. COMPATIBILIZAÇÃO DOS DADOS DE ENERGIA ELÉTRICA COM AS ANÁLISES TERRITORIAIS	45
4.4. ÍNDICE DE QUALIDADE ENERGÉTICA	46
4.5. CLASSIFICAÇÃO DAS DISTÂNCIAS PARA SEGMENTOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA TENSÃO	49
4.6. BANCO DE DADOS DIGITAL	55
4.7. ESTUDO DE CASO: POTENCIAL DE EXPANSÃO DA AGRICULTURA IRRIGADA NO MATO GROSSO	56
5. CONCLUSÕES	61
REFERÊNCIAS	63
ANEXOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

RESUMO

Avaliação da disponibilidade de energia elétrica para expansão da área irrigada no Brasil

O objetivo geral do trabalho foi consolidar uma base de dados georreferenciada da rede de distribuição de energia elétrica para todo o Brasil de tal maneira que as informações possam ser utilizadas na geração de variáveis indicadoras da qualidade instalada de infraestrutura elétrica para irrigação e serem aplicadas em análises territoriais de desenvolvimento rural, possibilitando ao governo brasileiro elaborar a análise territorial e políticas para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil. Os objetivos específicos foram: (i) analisar a disponibilidade de energia elétrica no meio rural para a expansão da agricultura irrigada, e (ii) desenvolver metodologia e resultados referentes à espacialização dos dados de infraestrutura de distribuição de energia elétrica do Brasil e compatibiliza-los com estudos de análise territorial de abrangência nacional. O presente trabalho marca a conclusão do primeiro ciclo de consolidação e processamento de dados espaciais do Projeto “Análise territorial e as políticas voltadas para a promoção da gestão integrada e do uso sustentável da água no meio rural no Brasil”. Este ciclo de trabalho esteve voltado para a estruturação de uma base de dados geográfica com abrangência nacional de representação da infraestrutura elétrica instalada, apta para alimentação de projetos de irrigação. Foram aqui trabalhados todos os dados geográficos atualmente disponíveis sobre distribuição de energia elétrica de alta, média e baixa tensão no Brasil, congregando informações de todas as distribuidoras de energia elétrica reguladas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A base de dados consolidada possibilitou a geração de variáveis qualitativas e quantitativas compatíveis, em formato e estrutura, com modelos de análise territorial. A conclusão dessa etapa preenche uma lacuna nos estudos de análise territorial de uso sustentável da água porque trata da disponibilidade de infraestrutura elétrica que é crucial na modelagem de sistemas de agricultura irrigada. Até então, não havia sido realizado um tratamento dessas informações com abrangência nacional, utilizando-se uma metodologia única, replicável e articulada com as instituições ANEEL e Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). A colaboração institucional na cessão e orientação de uso das bases de dados cria condições para o contínuo aprimoramento das informações e seu geoprocessamento, na medida em que a rede de distribuição de energia elétrica se ramifica e novas informações vão sendo agregadas. O trabalho apresenta uma contribuição significativa para combinar as informações geradas com outros estudos que analisaram o potencial de expansão da agricultura irrigada no Brasil e uso sustentável da água no meio rural.

Palavras-chave: Irrigação; Análise territorial; Geoprocessamento; Infraestrutura Energética

ABSTRACT

Evaluation of the availability of electric energy for expansion of the irrigated area in Brazil

The main objective of this work was the consolidation of a georeferenced database of the electricity distribution network throughout Brazil in such a way that the information can be used to generate variables indicating the installed quality of electrical infrastructure for irrigation and to be applied in territorial analyzes of rural development, enabling the Brazilian government to elaborate the territorial analysis and policies for the development of irrigated agriculture in Brazil. The specific objectives were: (i) the analysis of electricity availability in rural areas for irrigated agriculture expansion, and (ii) development of method for modeling the spatial distribution of electric infrastructure in Brazil and link of results with large scale territorial analysis. This paper marks the conclusion of the first spatial data consolidation and processing cycle of the Project "Territorial analysis and policies aimed at promoting integrated management and sustainable water use in rural areas in Brazil". All the geographic data currently available on high, medium and low voltage electricity distribution in Brazil were compiled from all the electricity distributors regulated by ANEEL (National Electric Energy Agency). The consolidated database enabled the generation of qualitative and quantitative variables compatible, in format and structure, with territorial analysis. The conclusion of this work fills a gap in studies related to sustainability in water use since it addresses the availability of electrical infrastructure using a unique methodology, replicable and articulated with ANEEL and MAPA (Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply) institutions with a national scope. The results obtained and the institutional collaboration carried out in this work creates conditions for the continuous improvement of studies focusing on irrigated agriculture and sustainable use of water in rural areas in Brazil.

Keywords: Irrigation; Territorial analysis; Geoprocessing; Energy Infrastructure

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil: designação de ação para classes territoriais (SPAROVEK et al., 2014).....	26
Figura 2. Sistema de transmissão de energia elétrica do Brasil em 2015 (ANEEL, 2015a)	28
Figura 3. Distribuidoras de energia elétrica do Brasil. (ANEEL, 2015b)	29
Figura 4. Modelo do fluxo de processamento dos dados de infraestrutura energética.....	31
Figura 5. Cobertura dos segmentos trifásicos da rede de baixa tensão no Brasil.....	39
Figura 6. Cobertura dos segmentos trifásicos da rede de média tensão no Brasil.....	40
Figura 7. Cobertura dos segmentos trifásicos da rede de alta tensão no Brasil.....	41
Figura 8. Processamento de distância euclidiana dos segmentos (esquerda) e matriz de distâncias (centro) e classes de distância (direita).....	42
Figura 9. Mosaico de superfícies de distância das linhas trifásicas da rede de baixa tensão no Brasil	43
Figura 10. Mosaico de superfícies de distância das linhas trifásicas da rede de média tensão no Brasil	44
Figura 11. Mosaico de superfícies de distância das linhas trifásicas da rede de alta tensão no Brasil.	45
Figura 12. Classes (baixa, média e alta) de qualidade energética (CQe) por Ottobacia nível 12. Brasil. 2017	46
Figura 13. Classes (baixa, média e alta) de qualidade energética (CQe) por município. Brasil. 2017.	47
Figura 14. Classes (baixa, média e alta) de qualidade energética (CQe) por microrregião. Brasil. 2017	48
Figura 15. Distância mínima da rede trifásica por Ottobacia de nível 12 no Brasil	50
Figura 16. Distância média da rede trifásica por Ottobacia de nível 12 no Brasil	51
Figura 17. Distância máxima da rede trifásica por Ottobacia de nível 12 no Brasil	52
Figura 18. Distância média da rede trifásica por município no Brasil	54
Figura 19. Distância média da rede trifásica por microrregião no Brasil.....	55
Figura 20. Área adicional irrigável (em hectares) por microrregião no Estado do Mato Grosso.....	56
Figura 21. Área adicional irrigável (em hectares)com alta aptidão física, por microrregião, no Mato Grosso.....	57
Figura 22. Área adicional irrigável (em hectares)com alta aptidão física e alta disponibilidade de infraestrutura energética, por microrregião, no estado do Mato Grosso	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Chave de três itens (necessidade de irrigação, área adicional irrigável e área irrigada) gerando as duas classes: (i) classe territorial de agricultura irrigada e (ii) classe de prioridade (SPAROVEK et al., 2014)	19
Tabela 2. Chave de classificação das variáveis que definem a prioridade de irrigação (SPAROVEK et al., 2014)	21
Tabela 3. Combinação da chave física com a chave de prioridade (SPAROVEK et al., 2014)	22
Tabela 4. Classes sugeridas suas respectivas interpretações (SPAROVEK et al., 2014)	24
Tabela 5. Área irrigada, adicionalmente irrigável, e total irrigável para as classes de território resultantes da combinação da chave física com a chave de prioridade (SPAROVEK et al., 2014)	25
Tabela 6. Distribuidoras de energia elétrica trifásica por unidade da federação (UF) e percentual de cobertura trifásica, contemplando os segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão, para a região Sul	34
Tabela 7. Distribuidoras de energia elétrica trifásica por unidade da federação (UF) e percentual de cobertura trifásica, contemplando os segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão, para a região Sudeste	35
Tabela 8. Distribuidoras de energia elétrica trifásica por unidade da federação (UF) e percentual de cobertura trifásica, contemplando os segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão, para a região Centro-Oeste	36
Tabela 9. Distribuidoras de energia elétrica trifásica por unidade da federação (UF) e percentual de cobertura trifásica, contemplando os segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão, para a região Norte	36
Tabela 10. Distribuidoras de energia elétrica trifásica por unidade da federação (UF) e percentual de cobertura trifásica, contemplando os segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão, para a região Nordeste	36
Tabela 11. Classificação das distâncias separadamente para segmentos de baixa, média e alta tensão, segundo os intervalos e prioridade para projetos de irrigação	38
Tabela 12. Percentual (%) das Ottobacias de nível 12 nas classes de qualidade energética (CQe) por região e por unidade da federação	49
Tabela 13. Valores médios por Ottobacia de nível 12 da distância (km) mínima, máxima e média até a rede trifásica por unidade de federação (UF)	53
Tabela 14. Área (ha) adicional irrigável por microrregião e por categorias de solo e relevo e disponibilidade de infraestrutura energética no estado do Mato Grosso	57
Tabela 15. Área (ha) adicional irrigável com alta aptidão física e alta disponibilidade de infraestrutura energética no estado do Mato Grosso	59
Tabela 16. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Acre	65
Tabela 17. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Alagoas	65
Tabela 18. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Amazonas	65
Tabela 19. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado da Bahia	66
Tabela 20. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Ceará	67
Tabela 21. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no Distrito Federal	67
Tabela 22. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Espírito Santo	68
Tabela 23. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Goiás	68
Tabela 24. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Maranhão	69
Tabela 25. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Mato Grosso	70

Tabela 26. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Mato Grosso do Sul.....	70
Tabela 27. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Minas Gerais.....	71
Tabela 28. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Minas Gerais (Continuação)	72
Tabela 29. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Pará	73
Tabela 30. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado da Paraíba.....	74
Tabela 31. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Paraná.....	75
Tabela 32. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Pernambuco	76
Tabela 33. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Piauí	76
Tabela 34. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Rio de Janeiro.....	77
Tabela 35. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Rio Grande do Norte	77
Tabela 36. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Rio Grande do Sul	78
Tabela 37. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Rondônia	79
Tabela 38. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Santa Catarina	79
Tabela 39. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de São Paulo.....	80
Tabela 40. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de São Paulo (Continuação)	81
Tabela 41. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Sergipe.....	81
Tabela 42. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Tocantins	82

LISTA DE ABREVIATURAS

ATER	Assistência técnica e extensão rural.
ANA	Agência Nacional de Águas.
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica.
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.
CQe	Classe de qualidade energética.
Dd	Distância (km) média da rede trifásica.
Dn	Distância (km) mínima da rede trifásica.
Dx	Distância (km) máxima da rede trifásica.
dpi	Ponto por polegada (<i>dots per inch</i>). Unidade de densidade relacionada à composição de imagens.
ESALQ	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
iDE	Índice qualitativo.
IICA	Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura.
JPG	Formato de arquivo de imagem (<i>Joint Photographic Experts Group</i>).
km	Quilômetros. (10^3 x metro) Unidade de distância.
Mha	Mega hectares (10^6 x hectare). Unidade de área.
kV	Quilovols. (10^3 x volt) Unidade de tensão elétrica.
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
MI	Ministério da Integração Nacional.
MDA	Ministério (atual Secretaria Especial) do Desenvolvimento Agrário.
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico.
Prodist	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional.
SAT	Segmentos de alta tensão.
SBT	Segmentos de baixa tensão.
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados.
SIG	Sistema de Informação Geográfico.
SIN	Sistema Interligado Nacional.
SMT	Segmentos de média tensão.
SQL	Structured Query Language.
SRD	Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição.
UF	Unidade da Federação.
USP	Universidade de São Paulo.

1. INTRODUCAO

O presente trabalho apresenta metodologia e resultados referentes à espacialização dos dados de infraestrutura de distribuição de energia elétrica do Brasil e compatibilização com as análises territoriais.

Para que isso fosse possível, houve a colaboração da Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) na cessão e na análise das bases de dados georreferenciadas de todas as distribuidoras contendo os segmentos e unidades consumidoras de energia elétrica.

Foi feita a extração das bases originais das redes de conexão trifásica de alta, média e baixa tensão para consolidação em uma base única em nível nacional apta para subsequente processamento de variáveis indicadoras da qualidade da infraestrutura instalada.

Ressalta-se que tal consolidação é inédita. A própria ANEEL ainda não havia operado as bases com a finalidade específica de extração de redes trifásicas e unificação de atributos em escala nacional, o que levou um longo período referente ao processo de troca, análise e correção de dados. O sucesso no processamento inédito deve-se, portanto, à contribuição entre MAPA, ANEEL e equipe técnica da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP) no compartilhamento de dados, discussão metodológica e formatação das variáveis.

Este estudo é sintético na descrição metodológica e apresentação dos resultados, o que pode levar a uma interpretação do material como algo trivial. Salienta-se, entretanto, que este estudo é profuso em trabalho acumulado e no potencial de utilização futura. A base de dados de distribuição de energia elétrica aqui processada eleva a um novo patamar de qualidade e nível de detalhamento o mapeamento de áreas para expansão de agricultura irrigada no Brasil.

Acredita-se que a variável referente à energia elétrica é uma peça fundamental no modelo de análise territorial que agora ganhará aplicabilidade em análises regionais detalhadas de seleção de microbacias para desenvolvimento de agricultura irrigada.

Vários projetos de cooperação técnica foram elaborados junto ao Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), Ministério da Integração Nacional (MI) e MAPA. Esse tipo de enfoque metodológico tem como pressuposto integrar informações de diferentes áreas do conhecimento através de ferramental matemático e de geoprocessamento para responder questões complexas visando a gestão sustentável da água e da agricultura irrigada. O atual estudo dá continuidade aos esforços do Governo Federal Brasileiro em investir na construção de métodos e geração de resultados utilizando para isso tecnologia de análise territorial.

O que torna a questão da água no meio rural uma questão de grande complexidade é a multiplicidade de fatores (sociais, econômicos e ambientais/físicos). Esses fatores relacionados ao tema “água” devem estar representados no modelo para que as respostas efetivamente tragam soluções conectadas com a realidade. Além disso, desenvolver modelos complexos em um país de dimensões continentais e de grande diversidade regional como o Brasil incrementa exponencialmente o desafio em alcançar cobertura espacial e detalhamento satisfatórios nos diversos fatores e processos que devem ser tratados.

Nesse sentido, este estudo vem de encontro a pontos críticos ligados à análise territorial da agricultura irrigada no Brasil que foram apontados em uma sequência de fóruns de discussão conduzidos pelo Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), MI e MAPA que tiveram como objetivo reunir os principais especialistas, e instituições envolvidas com agricultura irrigada para buscar sugestões de aprimoramento do

modelo desenvolvido pela ESALQ/USP no estudo “Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil”. Houve consenso por parte da equipe executora do estudo e demais participantes dos eventos de que era fundamental e prioritário aperfeiçoar o tratamento espacial do fator “infraestrutura elétrica” de modo que fosse possível desenvolver variáveis indicadoras do grau de cobertura e qualidade da rede de distribuição trifásica para ligação de motores elétricos em cada uma das mais de 166.000 microbacias analisadas. Para isso o MAPA articulou junto com a equipe executora uma colaboração técnica, com a Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição para cessão da ANEEL, para interpretação e consolidação das bases de dados geográficas de todas as distribuidoras de energia elétrica do Brasil com a finalidade exclusiva de aperfeiçoar com o maior detalhamento possível a modelagem espacial da rede de distribuição apta para conexão trifásica no Brasil.

A análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil foi realizada por Sparovek et al. (2014), a qual apresenta as seguintes abordagens: (i) potencial de desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil, (ii) motivação da Intervenção pública, (iii) tecnologia voltada aos cultivos irrigados no Brasil, (iv) sistemas de informações geográficas e bancos de dados, (v) componentes envolvidos no desenvolvimento da agricultura irrigada, (vi) o problema da escala e a representação da realidade do desenvolvimento da agricultura irrigada do Brasil, (vii) complicação, complexidade e metodologia, (viii) o modelo proposto: dos pressupostos e funcionalidade, (ix) da forma de lidar com a complicação, (x) necessidade de irrigação, área adicional irrigável e área irrigada, (xi) área irrigável e área irrigada no Brasil, e (xii) análise territorial.

O presente trabalho tem por objetivo geral consolidar uma base de dados georreferenciada da rede de distribuição de energia elétrica para todo o Brasil de tal maneira que as informações possam ser utilizadas na geração de variáveis indicadoras da qualidade instalada de infraestrutura elétrica para irrigação e serem aplicadas em análises territoriais de desenvolvimento rural, possibilitando ao governo brasileiro elaborar a análise territorial e políticas para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil. Por outro lado, o presente trabalho tem os seguintes objetivos específicos: (i) analisar a disponibilidade de energia elétrica no meio rural para a ampliação da agricultura irrigada, e (ii) ampliar o estudo que analisou o potencial de expansão da agricultura irrigada no Brasil.

Os resultados alcançados neste trabalho são inéditos tanto do ponto de vista de consolidação de bases de dados como no processamento e formato das variáveis para compatibilização com as análises territoriais. Evidentemente, entende-se que este Produto e as variáveis aqui obtidas são apenas uma etapa do Projeto e, portanto, ainda podem passar por complementações, alterações e melhorias ao critério de uso e aplicação dos técnicos do MAPA. É importante ressaltar, porém, que mesmo que a metodologia de cálculo das variáveis seja alterada, a consolidação das bases de dados de distribuição de energia elétrica é um avanço perene na modelagem espacial.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil

A análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil se refere ao estudo de modelagem espacial de cobertura nacional considera a área agrícola irrigada e a adicionalmente irrigável do Brasil no contexto de sua governança pública e privada, contemplando o ambiente físico com temas ambientais, sociais e econômicos.

Tratam-se de representações simplificadas e agregadas de diferentes temas contemplados por intermédio de chaves classificatórias. A metodologia desenvolvida auxilia a melhor compreensão da realidade, possibilitando testar cenários com o caráter quantitativo dos métodos e a representação espacial precisa das variáveis.

Segundo dados da FAO (2011), o Brasil está entre os quatro países com maior área potencial para irrigação. A área irrigada no Brasil foi estimada 5,8 Mha (ANA, 2014), onde Sparovek et al. (2014) verificaram uma área que 2,2 Mha (37%) que estão em regiões que não contam com a possibilidade de expansão pelo esgotamento da água disponível e 2,7 Mha (44%) que se encontram em regiões em que há importante possibilidade de expansão, porém fora de áreas de prioridade de intervenção pública e ainda 1,1 Mha (19% da área irrigada) estão em localidades com possibilidade de expansão e que justificam intervenção pública com o objetivo de desenvolver a região de forma sustentável. Essas mesmas regiões concentram 36% da capacidade adicional de área irrigável (27 Mha) do Brasil.

2.1.1. Potencial de desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil

Considerando a ainda pequena área irrigada do Brasil frente a sua área adicional irrigável, o desenvolvimento da agricultura irrigada apresenta enorme potencial por interesses movidos: (i) pelos ganhos de eficiência e redução de risco de insucesso da produção agrícola, (ii) pela promoção de desenvolvimento social e econômico em regiões propícias à intensificação da produção ou limitadas pela escassez ou irregularidade do regime natural das chuvas, (iii) pela redução de impactos ambientais dada a menor necessidade de expansão da área agrícola face às maiores produtividades dos cultivos irrigados, e (iv) pela segurança alimentar considerada a possibilidade de produção eficiente próxima aos centros de consumo e em maior amplitude de condições climáticas (ANA, 2017).

Estes interesses são compartilhados pelo setor público - pela promoção do bem-estar coletivo - e privado, pela maior competência produtiva alcançada pelo agricultor, seja ele pequeno ou grande (CHRISTOFIDIS, 2002).

2.1.2. Motivação da Intervenção pública

A intervenção pública é justificável pelos seguintes motivos: (i) necessidade de gestão do processo evolutivo de uma base de produção irrigada, (ii) financiamento dos investimentos necessários, (iii) adequação da infraestrutura existente, (iv) licenciamento de atividades, (v) orientação e aconselhamento de produtores e investidores, e (vi) mitigação e avaliação de impactos ambientais e outras externalidades produtivas, entre outras ações difusas relacionadas ao setor público.

A intervenção pública contempla diferentes áreas, tais como: (i) agricultura, (ii) desenvolvimento agrário, (iii) eletrificação rural, (iv) estradas, (v) meio ambiente, e (vi) investimentos além dos marcos regulatórios e legais relacionados.

2.1.3. Tecnologia voltada aos cultivos irrigados no Brasil

A tecnologia voltada aos cultivos irrigados é bem desenvolvida no Brasil tendo suporte de adequada base de oferta de serviços, equipamentos e inovação; além da formação especializada de técnicos e profissionais de nível superior. Marcos regulatórios e legais também contemplam especificamente o tema.

Por outro lado, há deficiência em estudos que ampliem o melhor entendimento da adequação ou problemas decorrentes da distribuição geográfica da área atualmente irrigada, além de definir e qualificar a área adicional irrigável, seja pública ou privada.

2.1.4. Sistemas de informações geográficas e bancos de dados

Para atingir os objetivos desse trabalho, além de tratar o tema incluindo recentes avanços na área metodológica – ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Bancos de Dados Relacionais (SGBD), atualização dos dados de entrada com as últimas bases nacionais e internacionais, atualização de marcos legais importantes como o Código Florestal (SPAROVEK et al., 2010, 2015), entre outros aspectos metodológicos – é fundamental complementar a modelagem do ambiente físico, combinando a disponibilidade de água, condições climáticas e qualidade dos solos, com a sua realidade social e econômica, assim como a preservação ambiental e as interfaces com outras estratégias de intervenção pública como o desenvolvimento agrário.

Segundo Longley et al. (2013), os sistemas de informação nos ajudam a organizar o conhecimento, tornando mais simples tarefas como gerenciar, armazenar, recuperar e gerir modelos, além permitir a aplicação do conhecimento na resolução de problemas. O gerenciamento do Banco de Dados (SGBD), apesar de ser um sistema independente do SIG, serve para armazenar e manipular os dados (CÂMARA; MONTEIRO, 2004).

2.1.5. Componentes envolvidos no desenvolvimento da agricultura irrigada

Os componentes envolvidos no desenvolvimento da agricultura irrigada, dispersos em múltiplos aspectos de intervenção pública e sua amplitude temática, podem ser agrupados em categorias principais: (i) componentes físicos relacionados à disponibilidade de água, à qualidade dos solos, e aos benefícios de ganhos de produtividades com a irrigação; (ii) componentes sociais relacionados às melhorias do bem estar individual do irrigante e ao coletivo de sua realidade; (iii) componentes econômicos, relacionados ao melhor uso dos recursos disponíveis e sua alocação na forma de investimentos e infraestrutura; e (iv) componentes ambientais, ligados às externalidades negativas como os impactos ambientais e usos concorrentes da água; ou positivas, pela redução da área agrícola necessária e menor risco de frustração de safra, e o aumento da abrangência territorial viável para a produção agrícola.

Tanto os componentes (muitos) como o contexto (abrangendo diversas escalas) indicam a necessidade de metodologia preditiva simplificada (modelo) que lide relativamente bem com uma ampla diversidade de componentes (complicação) e diversas escalas e relações não lineares entre elas (complexidade).

2.1.6. O problema da escala e a representação da realidade do desenvolvimento da agricultura irrigada do Brasil

A grande quantidade de componentes envolvidos e escalas de sua ocorrência faz com que a representação da realidade do desenvolvimento da agricultura irrigada do Brasil seja preferencialmente feita através de simplificações ou modelos.

Os modelos adotados precisam ser capazes de contemplar vários componentes. As representações são efetuadas em diferentes escalas, as quais características da grande bacia hidrográfica em que a área irrigada está inserida e que integra a totalidade dos usos concorrentes da água, a infraestrutura existente e sua adequação ao local a ser irrigado, a possibilidade de utilização desta infraestrutura em áreas próximas, a comparação desta área com outras possíveis, a qualificação do agricultor no uso da irrigação, entre vários outros aspectos. As escalas e seus componentes progridem do individual ao coletivo, do local ao regional, do investimento direto à estratégia financeira mais ampla.

As múltiplas escalas envolvidas fazem com que apareçam relações não lineares entre elas, atribuindo a complexidade à lógica do modelo.

2.1.7. Complicação, complexidade e metodologia

Assim como discutido em Sparovek et al. (2014), um modelo de desenvolvimento da agricultura irrigada precisaria contemplar uma metodologia que ao mesmo tempo considere complicação e complexidade. Um sistema apenas complicado, sem ser complexo, poderia ser precisamente representado por modelos que desconsideram as relações não lineares entre múltiplas escalas.

O ideal, no caso do desenvolvimento da agricultura irrigada, seria considerar um modelo que lidasse bem com ambos, a complexidade e a complicação. Mas, infelizmente, a modelagem de sistemas ao mesmo tempo complicados e complexos ainda não tem amparo metodológico adequado na ciência.

Para retratar a complexidade é preciso abrir mão da complicação. Para considerar todos os componentes envolvidos, a complicação, é preciso desconsiderar em parte a complexidade, ignorando as relações não lineares entre escalas progressivamente menores.

Neste trabalho, optou-se pela complicação ao invés da complexidade. Sendo assim, uma previsão do modelo complicado pode, e deve ter resultados distintos quando medidos na escala menor. O caso específico ainda precisa ser avaliado com métodos que considerem as relações não lineares daquela situação (complexidade) com o todo (complicado) descrito neste modelo.

2.1.8. O modelo proposto: dos pressupostos e funcionalidade

O modelo proposto não deve, portanto, ser usado como substituto de qualquer outro processo de apoio à decisão local que seja capaz de captar a complexidade específica. Seu uso, no entanto, permite a visão ampla da complicação do problema, além de possibilitar um ponto de partida importante para as análises locais. As realidades locais estão relacionadas com a complicação que certamente capta parte de sua dinâmica, componentes e comportamento.

Conhecer o efeito geral que uma falha do Metrô produz sobre o trânsito não permite saber se virar a próxima rua a direita vai ser melhor do que seguir um pouco mais e pegar o viaduto, mas é um forte indicativo de que a viagem será mais longa e permite orientar decisões ligadas a este conceito, p.e. avisar do atraso, mas sem saber exatamente quanto.

2.1.9. Da forma de lidar com a complicação

As bases de dados do modelo são essencialmente quantitativas processando variáveis físicas (p.e. vazão dos rios e evapotranspiração das plantas), dados censitários (p.e. valor da produção da agricultura, renda rural), ou índices derivados de modelos físicos de representação de realidades mais complexas (p.e. topografia, déficit hídrico e atributos do solo convertidos em classes de aptidão agrícola).

Além do caráter quantitativo, por vezes redefinido em categorias e relacional dos dados, optou-se por atribuir dimensão espacial ao conjunto de dados. A dimensão espacial é essencial para o relacionamento dos dados com outros temas ligados ao meio ambiente (interesse de conservação, áreas sob proteção pública ou privada) à legislação (Código Florestal) e de caráter geral do desenvolvimento agrário como característica da matriz produtiva (familiar ou não familiar) e de pobreza rural.

A relação espacial explícita é imprescindível para comparar todas estas dimensões com a escala de manifestação da realidade física da agricultura irrigada, que é a sua bacia hidrográfica e exigiu grande esforço metodológico tornando os métodos de difícil operação por usuários não especializados no seu nível mais próximo aos dados. A interface com o usuário final, foi por isto, simplificada.

Desta maneira, a interface com o usuário final preservou as características de modelos de análise narrativa. Para o usuário final a parte quantitativa do modelo é transparente. A este é permitido entender facilmente o relacionamento das diversas partes do modelo através de duas chaves de perguntas que remetem a conceitos de lógica narrativa.

2.1.10. Necessidade de irrigação, área adicional irrigável e área irrigada

A primeira chave remete às perguntas sobre os aspectos físicos do desenvolvimento da irrigação e são tratadas na escala de Ottobacias de nível 12, num total de 168.843 com área média de cerca de 5 mil hectares. A necessidade de irrigação da bacia foi classificada em alta, média ou baixa. As classes refletem o nível de restrição hídrica que as culturas de milho (*Zea mays*) e de feijão (*Phaseolus vulgaris*) estão sujeitas durante seu ciclo completo de desenvolvimento. Sendo assim, espera-se aumento de produtividade sob irrigação quando comparado ao cultivo de sequeiro tanto de milho (semeado em agosto) quanto de feijão (semeado em março). Quanto maior a necessidade de irrigação, maior será a diferença de produtividade. Em suma, esta variável reflete o benefício esperado da irrigação.

A segunda chave remete à pergunta referente à área adicional irrigável (muito, médio ou pouco) na Ottobacia de nível 12. As classes usam como proxy de categorização a área irrigável adotando metade do volume outorgável não utilizado de água dos rios da Ottobacia de nível 12, após descontadas as áreas de preservação tanto em domínio público, como as unidades de conservação, quanto em privado, como as áreas de preservação permanentes e as áreas de reserva legal, além das áreas já utilizadas com irrigação.

A terceira chave remete à pergunta referente à área irrigada da bacia, a qual pode ser muito ou médio (combinados) ou pouco. As classes foram concebidas com base nos dados fornecidos, pela Agência Nacional de Águas (ANA), de área irrigada para o ano de 2012. Essa variável denota a infraestrutura existente na Ottobacia de nível 12, bem como a capacidade e estratégia consolidadas para suporte de agricultura irrigada. Essa variável pode indicar locais em que a agricultura irrigada já faz parte da matriz produtiva. Sendo assim, pode nortear os futuros planos de expansão ou de apoio.

Tabela 1. Chave de três itens (necessidade de irrigação, área adicional irrigável e área irrigada) gerando as duas classes: (i) classe territorial de agricultura irrigada e (ii) classe de prioridade (SPAROVEK et al., 2014).

Necessidade de irrigação	Área	Classe territorial de agricultura		Classe de
	adicional irrigável	Área irrigada	irrigada (Nível 1)	prioridade (Nível 2)
Alta	Muito	Muito ou médio	Expansão	Alta
		Pouco	Reserva técnica	Alta
	Médio	Muito ou médio	Expansão	Alta
		Pouco	Reserva técnica	Média
	Pouco	Muito ou médio	Manutenção e redirecionamento	Alta
		Pouco	Outra estratégia de desenvolvimento	
Média	Muito	Muito ou médio	Expansão	Média
		Pouco	Reserva técnica	Baixa
	Médio	Muito ou médio	Expansão	Média
		Pouco	Outra estratégia de desenvolvimento	
	Pouco	Muito ou médio	Manutenção e redirecionamento	Média
		Pouco	Outra estratégia de desenvolvimento	
Baixa	Muito	Muito ou médio	Expansão	Baixa
		Pouco	Não prioritário	
	Médio	Muito ou médio	Expansão	Baixa
		Pouco	Outra estratégia de desenvolvimento	
	Pouco	Muito ou médio	Manutenção e redirecionamento	Baixa
		Pouco	Outra estratégia de desenvolvimento	

Salienta-se o significado dos seguintes termos: (i) área de expansão são áreas que representam as combinações em que existe tanto o potencial de expansão adicional quanto a área de agricultura irrigada já estabelecida. A infraestrutura, a tecnologia, os serviços de apoio, o conhecimento acumulado sobre a técnica de irrigação já estão na Ottobacia de nível 12, a qual apresenta potencial de expansão da área irrigada, (ii) área de reserva técnica representa a combinação de muita área adicional irrigável e pouca área irrigada, consequentemente a infraestrutura, os serviços e o conhecimento da técnica não estão disponíveis pela falta de área efetivamente irrigada. Os investimentos e os esforços para o desenvolvimento da agricultura irrigada nessas áreas serão maiores. O termo reserva técnica indica que a implantação de irrigação ou sua expansão é possível, mas não prontamente. São as áreas de expansão futura, (iii) manutenção e redirecionamento: representa a combinação de pouca área adicional irrigável e muita área irrigada, ou seja, o potencial que havia já está sendo plenamente utilizado. Expandir levaria a impactos ambientais ou a conflitos pelo uso da água com outros usos. Manter o que existe de irrigação num primeiro momento, e redirecionar o desenvolvimento da bacia para usos que não impliquem em irrigação adicional são sugeridos como dinâmica para esta classe, e (iv) outra estratégia de desenvolvimento: representa combinação de pouca área adicional irrigável e ainda pouco ou não estabelecimento de irrigação na bacia. O desenvolvimento da bacia nesta combinação deve procurar outras opções que não a irrigação, independente da sua necessidade ou não.

As classes, com exceção da classe outra estratégia de desenvolvimento, são subdivididas de acordo com a necessidade de irrigação em relação à alta, média ou baixa prioridade.

A segunda chave remete às perguntas sobre a tipologia do agricultor (familiar ou não familiar), a aptidão agrícola das terras em cultivo de sequeiro, ao desenvolvimento rural e ao interesse ambiental de conservação. Esta chave define de forma mais abrangente e completa a prioridade de irrigação, quem se beneficia dela, e a forma e intensidade de intervenção pública ou privada.

Tabela 2. Chave de classificação das variáveis que definem a prioridade de irrigação (SPAROVEK et al., 2014).

Dinâmica agrícola	Desenvolvimento municipal	Aptidão agrícola	Interesse ambiental	Classe territorial rural (Nível 1)	Classe territorial rural específica (Nível 2)	Classe territorial rural específica e orientação (Nível 3)
Não familiar	Alto	Alto ou média	Extremo	Estável	Estável-não familiar	Estável-não familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Estável	Estável-não familiar	Estável-não familiar (orientação produtiva)
		Baixo	Extremo	Independente	Independente-não familiar	Independente-não familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Independente	Independente-não familiar	Independente-não familiar (orientação produtiva)
	Médio ou baixo	Alto ou média	Extremo	Alterável	Alterável-não familiar	Alterável-não familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Alterável	Alterável-não familiar	Alterável-não familiar (orientação produtiva)
		Baixo	Extremo	Apoiada	Apoiada-não familiar	Apoiada-não familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Apoiada	Apoiada-não familiar	Apoiada-não familiar (orientação produtiva)
Coexistente	Alto	Alto ou média	Extremo	Estável	Estável-coexistente	Estável-coexistente (orientação sustentável)
			Não Extremo	Estável	Estável-coexistente	Estável-coexistente (orientação produtiva)
		Baixo	Extremo	Independente	Independente-coexistente	Independente-coexistente (orientação sustentável)
			Não Extremo	Independente	Independente-coexistente	Independente-coexistente (orientação produtiva)
	Médio ou baixo	Alto ou média	Extremo	Alterável	Alterável-coexistente	Alterável-coexistente (orientação sustentável)
			Não Extremo	Alterável	Alterável-coexistente	Alterável-coexistente (orientação produtiva)
		Baixo	Extremo	Apoiada	Apoiada-coexistente	Apoiada-coexistente (orientação sustentável)
			Não Extremo	Apoiada	Apoiada-coexistente	Apoiada-coexistente (orientação produtiva)
Familiar	Alto	Alto ou média	Extremo	Estável	Estável-familiar	Estável-familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Estável	Estável-familiar	Estável-familiar (orientação produtiva)
		Baixo	Extremo	Independente	Independente-familiar	Independente-familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Independente	Independente-familiar	Independente-familiar (orientação produtiva)
	Médio ou baixo	Alto ou média	Extremo	Alterável	Alterável-familiar	Alterável-familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Alterável	Alterável-familiar	Alterável-familiar (orientação produtiva)
		Baixo	Extremo	Apoiada	Apoiada-familiar	Apoiada-familiar (orientação sustentável)
			Não Extremo	Apoiada	Apoiada-familiar	Apoiada-familiar (orientação produtiva)

Salienta-se, ainda, o significado dos seguintes termos: (i) estável: combinações que resultam de elevado desenvolvimento municipal com alta ou média aptidão para agricultura não irrigada, ou seja, a sistemática agrícola presente, seja ele familiar ou não, promoveu o desenvolvimento rural adequado, (ii) independente: combinações que resultam de elevado desenvolvimento municipal com baixa aptidão para agricultura não irrigada, ou seja, o desenvolvimento rural ocorreu a parte da aptidão agrícola das terras, (iii) alterável: combinações que resultam de baixo ou médio desenvolvimento municipal com alta ou média aptidão para agricultura não irrigada, ou seja, o modelo agrícola existente, qualquer que seja, não promoveu o desenvolvimento rural adequado, apesar das boas condições do meio físico (aptidão agrícola para agricultura não irrigada), e (iv) apoiada: combinações que resultam de baixo ou médio desenvolvimento municipal com baixa aptidão para agricultura não irrigada, independente da tipologia de produção. Fomentar sistemas agrícolas tradicionais não é uma forma de desenvolvimento promissora, pela restrição imposta pelo meio físico.

Para a definição de prioridade para irrigação consideramos que as classes estável e independente apresentam menor prioridade de intervenção pública, por já apresentarem adequado desenvolvimento. As ações privadas, na sua combinação com expansão e reserva técnica, no entanto, são bem vindas, justificadas por benefícios coletivos decorrentes da ampliação da base de agricultura irrigada, mesmo que não sejam emergenciais do ponto de vista local.

A combinação de alterável com expansão merece destaque de intervenção pública. A área efetivamente irrigada numa bacia nunca será a sua área potencialmente agricultável total. A combinação de alterável com expansão associa a necessidade decorrente do baixo ou médio desenvolvimento municipal com a possibilidade de expandir uma base irrigada já existente, portanto, menos carente de investimentos em infraestrutura, serviços e ATER. Isto, além de tudo, poderá beneficiar indiretamente a produção de sequeiro que poderá se desenvolver na parte da bacia que não será irrigada. A combinação de apoiada com expansão produz efeito semelhante, mas com benefícios menores para a agricultura de sequeiro.

Tabela 3. Combinação da chave física com a chave de prioridade (SPAROVEK et al., 2014).

Chave física	Chave Prioridade	Designação
Expansão	Alterável	Máximo interesse de intervenção pública
	Apoiada	Interesse elevado de intervenção pública
Reserva técnica	Alterável ou apoiada	Interesse compartilhado de intervenção pública e privada
Expansão ou Reserva técnica	Estável ou independente	Fomento de interesse privado
		Monitoramento e regulamentação
Manutenção e redirecionamento	Alterável ou apoiada	Intervenção pública específica & Monitoramento e regulamentação
Outra estratégia de desenvolvimento	Estável, independente, alterável ou apoiada	Monitoramento

A interação do usuário com o modelo pode se dar a partir desta chave de classificação categórica que contempla as duas dimensões consideradas (física e prioridade), gerando classes que reportam diretamente para as estratégias de intervenção recomendadas, sua origem pública ou privada e prioridade. Outras combinações de classes, p.e. as classes de interesse ambiental da chave de prioridade ou a tipologia do produtor podem ser geradas a partir da ferramenta analítica completa e contemplar recortes específicos. As classes sugeridas tiveram como critério sua abrangência em tratar o tema do desenvolvimento e da agricultura irrigada e não pretendem responder questões mais específicas.

Tabela 4. Classes sugeridas suas respectivas interpretações (SPAROVEK et al., 2014).

Designação	Ação	Interpretação
Máximo interesse de intervenção pública	Expandir e promover a agricultura irrigada agora ou no futuro com prioridade de intervenção pública.	A tipologia agrícola presente apesar da boa condição do meio físico não desenvolveu o ambiente rural do município, existe irrigação na bacia e seu potencial de expansão é grande. A intervenção pública se justifica pelo interesse coletivo do desenvolvimento, pela ineficácia com que o atual modelo produtivo beneficiou o coletivo e pela facilidade de promover o desenvolvimento da agricultura irrigada como opção de longo prazo para a bacia, tanto para a área irrigada como não irrigada.
Interesse elevado de intervenção pública		Situação semelhante à anterior com exceção da menor possibilidade do desenvolvimento da irrigação favorecer a agricultura não irrigada pela baixa aptidão do meio físico.
Interesse compartilhado de intervenção pública e privada		Situação semelhante à primeira com exceção da pouca presença de agricultura irrigada na bacia, o que dificulta e encarece a implantação de sistemas irrigados.
Fomento de interesse privado	Expandir e promover a agricultura irrigada agora ou no futuro com prioridade de intervenção privada.	Situação semelhante à primeira, com exceção do desenvolvimento municipal já ser elevado o que não motiva prioridade na intervenção pública que deve ser compartilhada com maior compromisso de iniciativas privadas.
Monitoramento e regulamentação	Monitorar impactos e procurar outras alternativas	A área total irrigável já está sendo utilizada próximo de sua capacidade máxima. A expansão leva a riscos elevados de impactos ambientais ou uso concorrente da água. Considerando o já elevado desenvolvimento municipal, cabe o monitoramento da bacia e a busca por alternativas de desenvolvimento rural que não impliquem em irrigação adicional.
Intervenção pública específica e Monitoramento e regulamentação		Situação semelhante à anterior com exceção do menor desenvolvimento municipal. Considerando que há irrigação em grande quantidade na bacia, intervenções de expansão específicas e de pequena área que não levem a custos ambientais podem ser apoiados por iniciativas públicas ou privadas visando, em curto prazo, o desenvolvimento municipal. A busca por alternativas de desenvolvimento rural que não impliquem em irrigação adicional devem nortear as visões de médio e longo prazo.
Monitoramento		O desenvolvimento da agricultura irrigada não é viável do ponto de vista físico. As estratégias de desenvolvimento para a bacia não devem considerar esta opção.

2.1.11. Área irrigável e área irrigada no Brasil

A Tabela 5 apresenta os valores de área potencialmente irrigável e área irrigada para as classes de território resultantes da combinação da chave física com a de prioridade. A Figura 1 ilustra o resultado espacial.

Tabela 5. Área irrigada, adicionalmente irrigável, e total irrigável para as classes de território resultantes da combinação da chave física com a chave de prioridade (SPAROVEK et al., 2014)

CLASSE TERRITORIAL AGRICULTURA IRRIGADA / Classe territorial rural	(Área)			Fração Irrigada (% do total)	Distribuição
	Irrigada	Adicional Irrigável (há)	Total Irrigável		
Máximo interesse de intervenção pública					Ampla distribuição, com menor ocorrência na região Norte e na parte central de região Centro-Oeste. Concentração no Norte de Minas Gerais, região central do Paraná e parte central do Rio Grande do Sul
ALTERÁVEL / Expansão	744.365	12.938.220	13.682.585	5,4	
Interesse elevado de intervenção pública					Acompanha a distribuição da classe anterior
APOIADA / Expansão	368.834	8.395.875	8.764.710	4,2	
Interesse compartilhado de intervenção pública e privada					Acompanha a distribuição da classe anterior
ALTERÁVEL / Reserva técnica	348	3.988.673	3.989.020	0,01	
APOIADA / Reserva técnica	322	1.952.257	1.952.579	0,02	
Soma/média Parcial	670	5.940.930	5.941.600	0,01	
Fomento de interesse privado					Predomina na parte central da região Centro-Oeste, São Paulo, litoral Sul da Bahia, Espírito Santo, Norte do Paraná, metade Norte do Rio Grande do Sul
ESTÁVEL / Expansão	2.151.565	21.570.874	23.722.439	9,1	
INDEPENDENTE /Expansão	562.141	6.942.376	7.504.517	7,5	
ESTÁVEL / Reserva técnica	345	4.008.888	4.009.233	0,01	
INDEPENDENTE / Reserva técnica	223	1.535.041	1.535.265	0,01	
Soma/média Parcial	2.714.274	34.057.179	36.771.453	7,4	
Monitoramento e regulamentação prioritária					Sertão e Agreste Nordestinos, proximidade com regiões metropolitanas
ESTÁVEL / Manutenção e Redirecionamento	767.218	4.322	771.541	99,4	
INDEPENDENTE / Manutenção e Redirecionamento	670.846	6.397	677.243	99,1	
Soma/média Parcial	1.438.064	10.719	1.448.783	99,3	
Intervenção pública específica & Monitoramento e regulamentação					Acompanha a distribuição da classe anterior
ALTERÁVEL / Manutenção e Redirecionamento	490.552	5.664	496.216	98,9	
APOIADA / Manutenção e Redirecionamento	279.781	9.101	288.882	96,8	
Soma/média Parcial	770.333	14.765	785.097	98,1	
Monitoramento					Maior parte da Região Norte, Pantanal, região Central de Goiás
ALTERÁVEL / Não prioritário	1.255	7.336.007	7.337.262	0,02	
APOIADA / Não prioritário	552	1.441.354	1.441.905	0,04	
ESTÁVEL / Não prioritário	1.058	4.012.747	4.013.806	0,03	
INDEPENDENTE / Não prioritário	434	1.036.599	1.037.032	0,04	
Soma/média Parcial	3.299	13.826.706	13.830.005	0,02	
Soma	6.039.839	75.184.395	81.224.233	7,4

Figura 1. Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil: designação de ação para classes territoriais (SPAROVEK et al., 2014).

O total de área irrigável (irrigado mais adicional irrigável), sem que sejam impostas restrições maiores ao adicional irrigável como disponibilidade logística, aptidão agrícola, relevo (tomando como base apenas a metade da disponibilidade de água não utilizada nos rios e terras para receber esta água) foi de 81 Mha, dos quais 7,4% estão sendo irrigados.

A área adicional irrigável soma no total 75 Mha dos quais 14 Mha (18%) se encontram em situações em que não há indicação de expansão da área agricultura irrigada, 34 Mha (45%) em que não se justifica intervenção pública de incentivos os subsídios, e 27 Mha (36%) em que há maior interesse por intervenção pública motivado pelo interesse (21 Mha) ou pela oportunidade (6 Mha) de promover desenvolvimento rural.

Da área total irrigada de 6,0 Mha uma parcela de 2,2 Mha (37%) se concentra em áreas em que a expansão sobre área adicional irrigável não é possível sem impactos ambientais ou competição por outros usos da água. Estas

bacias irrigam em média 99% de sua área total irrigável. O entorno de regiões metropolitanas e boa parte do agreste e sertão nordestinos descrevem a geografia das bacias com esta característica.

A combinação de estável com expansão apresenta os maiores estoques de área adicional irrigável (22 Mha) e área irrigada (2,2 Mha) em valor semelhante a soma da classe manutenção e redirecionamento. A combinação de Estável com Expansão representa situações em que a agricultura (principalmente a não familiar) se estabeleceu, em parte já irriga (9,1% da área total irrigável é irrigada); e promoveu desenvolvimento rural e ocorreu em áreas em que a oferta hídrica nos rios ainda é grande, ou seja, de baixa densidade populacional e industrialização que promove usos concorrentes da água importantes. Sua expressão geográfica é abrangente, ocorrendo em muitas regiões, mas com menores ocorrências no Nordeste, norte de Minas Gerais e metade sul do Rio Grande do Sul.

2.1.12. Análise territorial

Tomando como referência a distribuição geográfica da área irrigada atualmente, em 37% (2,2 Mha) não há possibilidade de sua expansão principalmente pelo fato de não haver mais água disponível. Outros 44% (2,7 Mha) da irrigação está em regiões em que há importante possibilidade de expansão (utilização média de 7,4% da área total irrigável), mas fora de áreas de prioridade de intervenção pública. As áreas em que há possibilidade de expansão e justificam intervenção pública importante representam 19% da área irrigada (1,1 Mha) e contém 36% da capacidade adicional de área irrigável (27 Mha).

É importante ressaltar que este estudo teve em sua execução um caráter intensivo em termos de desenvolvimento metodológico, processamento de dados e consolidação de resultados. Nesse contexto, entende-se que a conclusão do estudo não deva configurar o término de um processo analítico ou a consolidação de certezas. Deve, entretanto, abrir espaço para um aprofundamento das questões colocadas, mediante a realização de estudos que possam validar e também complementar os conceitos e cálculos aqui propostos. A agregação e ampliação de competências metodológicas às aqui apresentadas e investigações detalhadas de campo, a fim de captar a complexidade, são sequências desejadas e necessárias, assim como a discussão aberta com a comunidade científica, técnica e operacional envolvida no tema da irrigação. A disponibilização aberta das bases de dados e dos detalhes metodológicos utilizados neste estudo pode contribuir para esta finalidade.

A análise territorial e modelagem espacial na rotina de formulação e gestão de governança pública e sua interface com a governança privada constituem processos dinâmicos, que se beneficiam da discussão conjunta de cenários e incorporação de ajustes na forma de interpretação das variáveis. Entende-se que a consolidação metodológica alcançada neste estudo constitui uma importante contribuição neste processo.

2.2. Características do sistema elétrico brasileiro

A energia é um insumo básico, utilizado praticamente em todas as atividades e na produção de bens e serviços. As principais fontes de energia primária são hidrelétricas, petróleo, gás natural, carvão mineral, urânio, resíduos vegetais e animais, energia eólica e energia solar. A energia primária é normalmente transformada em outra forma de energia, sendo a energia elétrica a forma mais comum. No Brasil, a maior parte da energia gerada é de origem hidroelétrica, posicionando o país entre os maiores produtores dessa modalidade de energia.

Figura 3. Distribuidoras de energia elétrica do Brasil. (ANEEL, 2015b).

O mercado de distribuição de energia elétrica, é formado por concessionárias, estatais ou privadas, responsáveis pela implementação de projetos de eficiência energética e pelo atendimento de unidades consumidoras industriais de médio e pequeno portes, comerciais e de serviços, residenciais e as de atividade agropecuária. Em 2015, havia 63 Concessionárias, 38 Permissionárias e 13 Autorizadas, totalizando 114 agentes, entre públicos, privados e de economia mista, atuando no mercado de distribuição (ANEEL, 2015b). A energia é fornecida em três níveis de tensão com as seguintes características: (i) segmentos de baixa tensão (SBT): tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1 kV; (ii) segmentos de média tensão (SMT): tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1 kV e inferior a 69 kV; e, (iii) segmentos de alta tensão (SAT): tensão entre fases igual ou superior a 69 kV e inferior a 230 kV (ou tensão igual ou superior a 230 kV quando definido pela ANEEL). A definição das tensões baixa, média e alta está definida na Resolução Normativa nº 414/2010 da ANEEL (ANEEL, 2010) que especifica as condições gerais de fornecimento de energia elétrica no país.

É importante ressaltar a diferença entre a “rede de distribuição” (Figuras 5 a 7) de energia elétrica nas tensões acima descritas da “rede básica” que se refere às instalações de transmissão (Figura 2) de energia elétrica com nível de tensão igual ou superior a 230 kV que integram o Sistema Interligado Nacional (SIN) anteriormente mencionado, de propriedade de concessionárias de serviço público de transmissão, definida segundo critérios estabelecidos pela ANEEL. Nas redes de transmissão, após deixar a usina, a energia elétrica trafega em tensão que varia de 88 kV a 750 kV. Ao chegar às subestações das distribuidoras, a tensão é rebaixada e, por meio de um sistema composto por fios, postes e transformadores, chega à unidade final em 127 volts ou 220 volts. Exceção a essa regra são algumas unidades industriais que operam com tensões mais elevadas (de 2,3 kV a 88 kV) em suas linhas de

produção e recebem energia elétrica diretamente da subestação da distribuidora (pela chamada rede de subtransmissão).

A conexão e atendimento ao consumidor, qualquer que seja o seu porte são, portanto, realizados pelas distribuidoras de energia elétrica e salvo raríssimas exceções não há possibilidade de conexão de um consumidor diretamente na “rede básica”. Consequentemente o trabalho aqui realizado de consolidação de dados visando representar a infraestrutura elétrica disponível para irrigação no País concentrou-se no processamento da base de dados geográfica referente a rede de distribuição de energia elétrica e não incluiu a rede básica de transmissão.

O setor agropecuário, onde se insere, entre outras, a demanda por energia para o desenvolvimento de sistemas de irrigação, tem ganhado participação no consumo de energia nas últimas décadas. Esse setor é pressionado pelo constante aumento da demanda por alimentos e também se caracteriza pelo aumento da produção de *commodities* agrícolas com vistas ao mercado externo.

A agricultura irrigada é uma das formas que permitem a intensificação da atividade agrícola e sua expansão para novas áreas. Assim, esse trabalho pretende identificar as regiões onde a infraestrutura de fornecimento de energia atual está plenamente disponível e não venha a ser um fator de impedimento ao seu crescimento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Qualidade da infraestrutura energética para projetos de irrigação

A qualidade da infraestrutura energética para projetos de irrigação foi avaliada através da análise da distribuição geográfica da rede de energia elétrica. Ficou definido a partir de reuniões com profissionais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e da ANEEL que, para implantação de médios e grandes projetos de irrigação (motorizados), seria necessária a existência de um ponto de conexão de tipo trifásico próxima ao empreendimento. Assim, considerou-se como objetivo verificar qual a distância das unidades territoriais até a rede de distribuição trifásica mais próxima.

Para essa análise, foi necessária a seleção dos segmentos de rede (trechos das linhas de distribuição) de tipo trifásico e o cálculo da distância das menores unidades territoriais (microbacias) até o segmento mais próximo. Essa análise foi realizada a partir dos dados das distribuidoras de energia fornecidos pela ANEEL e considerou todos os segmentos com localização geográfica definida e que dispunham das informações requeridas quanto ao número de fases de conexão.

3.2. Fluxo completo das etapas de processamento

O fluxo completo das etapas de processamento (Figura 4) compreendeu a (i) verificação prévia da disponibilidade e qualidade e dos dados das distribuidoras de energia e seleção dos segmentos com conexão de tipo trifásico; (ii) união dos segmentos de todas as distribuidoras por Unidade da Federação (UF) e segundo o tipo de tensão (Alta Tensão, Média Tensão e Baixa Tensão); (iii) processamento de uma superfície contínua, por UF, com valor das distâncias entre os segmentos trifásicos; (iv) transferência dos valores de distância e cálculo dos índices de qualidade para as microbacias; e (v) confecção dos mapas dos resultados por unidades territoriais.

Figura 4. Modelo do fluxo de processamento dos dados de infraestrutura energética.

É importante salientar que as bases de dados e os procedimentos de cálculo efetuados são válidos para análises e caracterização na escala de Ottobacias nível 12 da ANA. Nesse sentido, a seleção final de áreas para implantação de projetos de irrigação deve ser complementada com metodologias que envolvam análise detalhada de variáveis e informações locais, de acordo com as recomendações clássicas de engenharia agrícola.

As etapas do processamento e os resultados são descritas e apresentados de forma mais completa abaixo. Todos os resultados apresentados na forma de mapas também estão disponibilizados na forma de anexos digitais, em formato *JPG* com resolução 300 dpi.

3.3. Obtenção e processamento espacial de dados de distribuição de energia elétrica

A ANEEL recebe anualmente das distribuidoras uma base geográfica de dados com informações das redes de distribuição (segmentos) e das unidades consumidoras. Esses dados são enviados pelas distribuidoras e não incluem informações quanto às redes de transmissão¹ ou linhas licitadas ou previstas no Plano Decenal de Expansão de Energia, mas ainda não implantadas.

O ponto focal da ANEEL para a disponibilização e discussão das bases de dados foi a Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição (SRD), que após reuniões presenciais e virtuais, disponibilizou por meio de um FTP exclusivo a base de dados disponível e atualizada ao mês/ano referência de dez/2014. O padrão das informações constantes nas bases de dados geográficas segue a estrutura descrita nos Prodíst (procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional) (ANEEL, 2016).

Os dados espaciais foram disponibilizados pela ANEEL/SRD em arquivos do tipo *shapefile* e *geodatabase*. Ambos os formatos foram tratados em ambiente computacional, mediante a aplicação de *softwares* de Sistema de Informação Geográfico (SIG) para o tratamento e visualização dos dados espaciais. Para possibilitar o agrupamento dos dados, foi necessária a conversão dos arquivos para um mesmo sistema de projeção cartográfica e o agrupamento de alguns dados tabulares, inconsistentes entre si, com o uso de Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) objeto-relacional.

3.4. Processamento espacial de dados de distribuição de energia elétrica: verificação e consolidação da base vetorial

Para cada distribuidora os arquivos estavam separados em três *shapefiles*: (i) segmentos de baixa tensão *[distribuidora]_seg_sdbt*; (ii) segmentos de média tensão *[distribuidora]_seg_sdmt*; e, (iii) segmentos de alta tensão *[distribuidora]_seg_sdat*. Todos os dados foram convertidos para o formato *shapefile* e reprojitados para o datum SIRGAS 2000.

A partir dos dados convertidos e projetados, o processo de extração dos segmentos trifásicos foi realizado com a utilização de um SGBD objeto-relacional, onde foram executadas consultas utilizando a linguagem SQL (*Structured Query Language*).

¹ Classifica-se, de forma geral, como rede de transmissão aquelas redes com nível de tensão igual ou superior a 230 kV.

Para filtrar os dados de interesse, somente as linhas com o atributo de fase “trifásico”, normalmente apresentado no campo “FAS_CON”, com os valores “ABC”, “ABCN”, ou ABCG foram selecionadas. As linhas com o atributo de fase “trifásico” foram selecionadas através de sentenças em SQL para a criação de uma nova tabela somente com os valores “trifásicos” da tabela anterior. Em síntese, o procedimento para cada nível de tensão foi:

```
CREATE TABLE [distribuidora]_seg_sdbt_abc AS
SELECT * FROM [distribuidora]_seg_sdbt
WHERE fa'_co' = 'ABC' or fa'_con' = 'ABCN' or fa'_con' = 'ABCG';
CREATE TABLE [distribuidora]_seg_sdmr_abc AS
SELECT * FROM [distribuidora]_seg_sdmr
WHERE fa'_co' = 'ABC' or fa'_con' = 'ABCN' or fa'_con' = 'ABCG';
CREATE TABLE [distribuidora]_seg_sdat_abc AS
SELECT * FROM [distribuidora]_seg_sdat
WHERE fa'_co' = 'ABC' or fa'_con' = 'ABCN' or fa'_con' = 'ABCG'
```

Durante o processo foram encontrados alguns erros ou limitações. Para o período base considerado, as distribuidoras dos estados do Amapá (AP) e de Roraima (RR) não apresentaram uma base georreferenciada dos segmentos de energia elétrica. Os estados do Amazonas (AM), Rondônia (RO) e Acre (AC) não possuem dados para os segmentos de alta tensão, enquanto, para o estado do Ceará (CE), segundo os técnicos da ANEEL, pode ter ocorrido uma possível perda de dados para os segmentos de baixa tensão.

Além dos estados do Amapá e de Roraima que não tiveram dados incluídos, alguns dados apresentavam falhas pontuais, mas, sempre que possível, estes foram corrigidos e incluídos. A lista das distribuidoras com dados processados, assim como o número de segmentos totais e o número de segmentos trifásicos para cada distribuidora, dividido por unidade da Federação (UF) e regiões, podem ser observados nas Tabelas 6 a 10.

Tabela 6. Distribuidoras de energia elétrica trifásica por unidade da federação (UF) e percentual de cobertura trifásica, contemplando os segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão, para a região Sul.

Distribuidora	UF	Cobertura trifásica (%)		
		SBT	SMT	SAT
AES_SUL	RS	0,45	0,64	1,00
CEEE	RS	0,73	0,72	1,00
CELESC	SC	0,68	0,65	1,00
CFLO	PR	0,97	0,72	-
COCEL	PR	0,78	0,60	-
COPEL	PR	0,86	0,57	1,00
EFLJC	SC	0,89	0,99	-
EFLUL	SC	0,76	0,95	-
ELETROCAR	RS	0,65	0,59	1,00
FORCEL	PR	0,90	0,95	-
HIDROPAN	RS	0,87	0,94	1,00
IENERGIA	SC	0,67	0,61	-
MUX_ENERGIA	RS	0,94	0,99	-
RGE	RS	0,66	0,64	1,00
UHENPAL	RS	0,54	0,65	-
CEREJ	SC	0,29	0,49	-
COORSEL	SC	0,49	0,22	-
CERBRANORTE	SC	0,58	0,32	-
CERACA	SC	0,25	0,41	-
CERPALO	SC	0,67	0,77	-
CERGRAL	SC	0,50	0,77	-
CEJAMA	SC	0,46	0,61	-
CERSUL	SC	0,68	0,80	-
COOPERA	SC	0,51	0,93	-
COOPERMILA	SC	0,43	0,62	-
CERGAL	SC	0,28	0,65	-
CERTAJA_ENERGIA	RS	0,22	0,38	1,00
CERAL_DIS	PR	0,58	0,82	-
CEPRAG	SC	0,60	0,66	-
CERGAPA	SC	0,54	0,77	-
CERMOFUL	SC	0,54	0,91	-
COOPERCOCAL	SC	0,67	0,17	-

Tabela 7. Distribuidoras de energia elétrica trifásica por unidade da federação (UF) e percentual de cobertura trifásica, contemplando os segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão, para a região Sudeste.

Distribuidora	UF	Cobertura trifásica (%)		
		SBT	SMT	SAT
AES_SUL	RS	0,45	0,64	1,00
AME	AM	0,86	0,44	-
AMPLA	RJ	0,87	0,75	1,00
BANDEIRANTE	SP	0,52	0,86	1,00
CAIUA	SP	0,95	0,89	1,00
CEMIG	MG	0,64	0,20	0,55
CEPISA	PI	0,52	0,59	1,00
CJE	SP	0,97	1,00	1,00
CLFM	SP	0,97	0,98	-
CNEE	SP	0,97	0,96	1,00
CPEE	SP	0,95	0,98	-
CPFL_SANTA_CRUZ	SP	0,88	0,87	1,00
CPFL_PAULISTA	SP	0,93	0,99	1,00
CPFL_PIRATININGA	SP	0,75	0,96	1,00
CSPE	SP	0,92	0,91	-
DME_PC	MG	0,90	0,97	1,00
EEB	SP	0,84	0,77	1,00
EEVP	SP	0,98	0,92	1,00
ELEKTRO	SP	0,58	0,88	1,00
ELETROPAULO	SP	0,29	0,72	1,00
ELFSM	ES	0,71	0,34	1,00
EMG	MG	0,66	0,27	0,99
ENF	RJ	0,75	0,82	1,00
ESCELSA	ES	0,81	0,33	1,00
LIGHT	RJ	0,17	0,97	0,83
CERRP	SP	1,00	0,96	-
CERNHE	SP	0,46	0,92	-
CERES	SP	0,82	0,78	-
CETRIL	SP	0,36	0,67	-
CERPRO	SP	0,57	0,95	-
CERMC	SP	0,39	0,79	-
CERIS	SP	0,14	0,48	-
CERIM	SP	0,39	0,79	-
CEDRI	SP	0,37	0,52	-
CEDRAP	SP	0,53	0,58	-

Tabela 8. Distribuidoras de energia elétrica trifásica por unidade da federação (UF) e percentual de cobertura trifásica, contemplando os segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão, para a região Centro-Oeste.

Distribuidora	UF	Cobertura trifásica (%)		
		SBT	SMT	SAT
CEB	GO	0,97	0,91	1,00
CELG	GO	0,84	0,36	1,00
CEMAT	MT	0,97	0,40	1,00
CHESP	GO	0,88	0,34	1,00
ENERSUL	MS	0,89	0,64	1,00

Tabela 9. Distribuidoras de energia elétrica trifásica por unidade da federação (UF) e percentual de cobertura trifásica, contemplando os segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão, para a região Norte.

Distribuidora	UF	Cobertura trifásica (%)		
		SBT	SMT	SAT
AME	AM	0,86	0,44	-
CER	RR	-	-	-
CELPA	PA	0,72	0,13	1,00
CELTINS	TO	0,76	0,38	1,00
CERON	RO	0,87	0,23	-
ELETROACRE	AC	0,44	0,26	-
CEA	AP	-	-	-

Tabela 10. Distribuidoras de energia elétrica trifásica por unidade da federação (UF) e percentual de cobertura trifásica, contemplando os segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão, para a região Nordeste.

Distribuidora	UF	Cobertura Trifásica (%)		
		SBT	SMT	SAT
CEAL	AL	0,47	0,53	1,00
CELPE	PE	0,35	0,54	1,00
CEMAR	MA	0,62	0,41	1,00
CEPISA	PI	0,52	0,59	1,00
COELBA	BA	0,47	0,47	1,00
COELCE	CE	-	0,81	0,95
COSERN	RN	0,64	0,82	1,00
EBO	PB	0,57	0,74	1,00
EPB	PB	0,40	0,29	0,99
ESE	SE	0,69	0,43	0,91
SULGIPE	SE	0,55	0,48	1,00

3.5. Processamento das distâncias

Para o processamento das distâncias (matricial) entre os segmentos para cada tipo de tensão foi adotado no ambiente SIG, um algoritmo de classificação de distância euclidiana bidimensional denominado “*distance_raster*”. Esse método gera uma imagem (*raster*) de tamanho determinado e calcula a distância entre pares de pontos pela

aplicação do teorema de Pitágoras, repetida *pixel-a-pixel*, considerando as coordenadas x, y do objeto vetorial (*vector*) classificado.

Não foram incluídos os dados do AP e de RR para nenhuma categoria de tensão. Para os estados do Amazonas (AM), Rondônia (RO) e Acre (AC) não foi possível incluir os dados de alta tensão e para o Ceará (CE) não foram inseridos os dados de baixa tensão.

3.6. Classe de qualidade energética

Para cada microbacia, foi adotado como índice qualitativo (*iDE*) o menor valor de distância média encontrado entre os segmentos de baixa tensão (SBT), média tensão (SMT) e alta tensão (SAT) para, então, calcular-se a posição percentual desse valor em relação ao conjunto de valores existentes segundo a equação:

$$iDE = 1 - \left(\frac{cf_b + 0.5f_i}{N} \right) \times 100 \quad 1)$$

Em que *iDE* se refere ao índice de distância até segmento de energia elétrica trifásica, cf_b ao número de valores menores que o valor i de interesse, f_i à frequência do valor i de interesse, i ao menor valor de distância média a segmentos de alta, média ou baixa tensão (SBT, SMT, SAT) e N ao número de valores na amostra.

Após o cálculo espacial do *iDE*, o valor médio foi transferido para as microbacias hidrográficas sendo então categorizado na variável **CQe** (classe de qualidade energética) em qualidade baixa (0 a 0,333); média (0,334 a 0,666) e alta (0,667 a 1,000). Com o *iDE* calculado para cada tensão, o menor valor para cada microbacia foi classificado conforme os seguintes critérios: (critério i) se *iDE* < 0,333, **CQe** = “Baixa”; (critério ii) se *iDE* < 0,666, **CQe** = “Média”; e (critério iii) se *iDE* ≥ 0,666, **CQe** = “Alta”.

O valor do **CQe** foi calculado para cada microbacia. Esse índice, representa de forma simples a densidade de linhas de distribuição trifásicas e a proximidade de cada microbacia à locais com potencial energético para implantação de sistemas de irrigação, que dependem de elementos motorizados de alta potência. Com a finalidade de agilizar análises diferentes níveis territoriais, os valores de **CQe** por microbacia foram agrupados (média) por município e por microrregião.

3.7. Classificação das distâncias para segmentos de baixa, média e alta tensão

O cálculo da variável quantitativa de infraestrutura elétrica indica diretamente a distância média encontrada na microbacia aos segmentos trifásicos de Baixa, Média e Alta tensão. Para isso as seguintes etapas foram executadas: (i) geração de 3 superfícies de distância (BT, MT, AT) das linhas de distribuição trifásicas; (ii) cálculo dos valores mínimos, médios e máximos para cada um dos polígonos de microbacias; e (iii) classificação das distâncias separadamente para segmentos de baixa, média e alta tensão, segundo os intervalos e prioridade para projetos de irrigação (Tabela 11).

Tabela 11. Classificação das distâncias separadamente para segmentos de baixa, média e alta tensão, segundo os intervalos e prioridade para projetos de irrigação.

Distância	Prioridade (distância média)
Inferior a 0,5 km	Muito alta
0,5 a 1 km	Muito alta
1 a 2 km	Muito alta
2 a 4 km	Alta
4 a 6 km	Alta
6 a 8 km	Alta
8 a 10 km	Média
10 a 15 km	Média
15 a 20 km	Baixa
20 a 30 km	Baixa
Superior a 30 km	Muito baixa

3.8. Estudo de caso: potencial de expansão da agricultura irrigada no Mato Grosso

Segundo recente estudo (SPAROVEK et al., 2014) elaborado pela Esalq/USP, IICA e o Ministério da Integração Nacional (MI), o Brasil, após excluídas as áreas de preservações públicas e privadas, tem ainda potencial para expandir as terras irrigadas em até 61 milhões de hectares – o equivalente a 10 vezes a atual área de cerca de 6 milhões de hectares. Dentre todos os estados, o Mato Grosso concentra 14% do total desse potencial de expansão ou aproximadamente 10 milhões de hectares. Esse potencial merece ser observado com atenção sem, porém, comprometer os recursos ambientais, as demandas dos múltiplos usos dos recursos hídricos e, de acordo com a necessidade, de aumento da produção de alimentos e de matérias-primas para outros fins.

A sintonia entre a expansão da irrigação e a adoção de políticas públicas voltadas para os negócios da agricultura irrigada, incluindo-se incentivos nos mais diferentes flancos, é um dos desafios que o País terá que enfrentar para satisfazer a crescente demanda de produção agropecuária. Nesse sentido, faz-se necessário, cada vez mais, refinar a identificação de regiões com maior potencial de sucesso na implantação de projetos de irrigação de modo a maximizar o aproveitamento de recursos e minimizar os riscos dos investimentos. A aptidão agrícola das terras e a proximidade com a rede de distribuição elétrica de conexão trifásica são variáveis que podem ajudar na priorização territorial para políticas públicas de incentivo à irrigação. Com isso em vista, o objetivo deste artigo foi analisar os resultados da modelagem do Estado do Mato Grosso do citado estudo adicionando como filtros de seleção regional de microbacias a disponibilidade da infraestrutura energética de conexão trifásica e a aptidão física das terras, através da qualidade dos solos e do relevo para produção agrícola.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Processamento espacial de dados de distribuição de energia elétrica: verificação e consolidação de base vetorial

Os dados processados e extraídos do banco de dados foram então agrupados por estados (UF) em formato vetorial, com o uso das ferramentas de *merge* em ambiente SIG. A cobertura dos segmentos trifásicos pode ser observada nas Figuras 5 a 7: baixa tensão (Figura 5), média tensão (Figura 6) e alta tensão (Figura 7).

Figura 5. Cobertura dos segmentos trifásicos da rede de baixa tensão no Brasil.

Figura 6. Cobertura dos segmentos trifásicos da rede de média tensão no Brasil.

Figura 7. Cobertura dos segmentos trifásicos da rede de alta tensão no Brasil.

4.2. Processamento das distâncias

Esse método é comumente utilizado para calcular grandes conjuntos de valores de distância em um *raster*, tendo como referência um objeto do tipo *vector*. Um exemplo do processamento da distância euclidiana é ilustrado na Figura 8.

Figura 8. Processamento de distância euclidiana dos segmentos (esquerda) e matriz de distâncias (centro) e classes de distância (direita).

O processo de *distance_raster* foi realizado para cada UF e para cada tensão, utilizando um pixel quadrado de 1 km de lado. Os objetos do tipo *raster* resultantes foram unidos em mosaicos para cada tensão. Os mosaicos com valores contínuos de distância foram transferidos para um objeto vetorial de polígonos das microbacias, representadas pelas Ottobacias nível 12 da ANA recortadas para a área continental do Brasil. Para cada tensão, os resultados são mostrados como os mosaicos contidos na Figura 9 (baixa tensão), Figura 10 (média tensão) e Figura 11 (alta tensão).

Figura 9. Mosaico de superfícies de distância das linhas trifásicas da rede de baixa tensão no Brasil.

Figura 10. Mosaico de superfícies de distância das linhas trifásicas da rede de média tensão no Brasil.

Figura 11. Mosaico de superfícies de distância das linhas trifásicas da rede de alta tensão no Brasil.

4.3. Compatibilização dos dados de energia elétrica com as análises territoriais

Na avaliação da qualidade de infraestrutura elétrica, a base de dados utilizada foi a rede de distribuição fornecida à ANEEL pelas distribuidoras de energia, incluindo todos os segmentos de distribuição mapeados como de baixa tensão, média tensão e alta tensão. Foram utilizados dois métodos de processamento para os seguintes objetivos: (i) geração de um *índice de qualidade* a semelhança do processamento da variável de acesso rodoviário disponível no estudo “Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil” (SPAROVEK et al., 2014) e (ii) geração de variáveis de representação direta da distância média às redes de distribuição de energia trifásicas, classificando-se as microbacias separadamente em relação às redes de alta tensão, média tensão e baixa tensão.

O *índice de qualidade* presta-se à identificação de tendências gerais, análises regionais e análise integrada a outras variáveis. Esse índice foi calculado em microescala (microbacias), mas também foi agrupado nos níveis

territoriais municipal e microrregional. Por outro lado, a disponibilização de *variáveis quantitativas* que indiquem claramente a distância das linhas trifásicas é fundamental para operação de filtros espaciais na seleção localizada de áreas prioritárias para implantação de projetos de irrigação.

4.4. Índice de qualidade energética

O cálculo da variável qualitativa de infraestrutura elétrica está baseado no *valor mínimo* da distância euclidiana de um determinado ponto até o segmento de distribuição de energia elétrica trifásico mais próximo. As três superfícies de distância representando os segmentos trifásicos de baixa tensão (Figura 12), média tensão (Figura 13) e alta tensão (Figura 14) foram calculados com resolução espacial compatível com a abrangência nacional do material (pixel de 1 km) e os valores calculados de *distância média*, *distância mínima* e *distância máxima* foram transferidos para os polígonos das microbacias (Ottobacias nível 12).

Figura 12. Classes (baixa, média e alta) de qualidade energética (CQe) por Ottobacia nível 12. Brasil. 2017.

Figura 13. Classes (baixa, média e alta) de qualidade energética (CQe) por município. Brasil. 2017.

Figura 14. Classes (baixa, média e alta) de qualidade energética (CQe) por microrregião. Brasil. 2017.

Considerando-se somente as localidades com cobertura por dados trifásicos de ao menos um tipo de tensão, as regiões Sudeste (67%) e Sul (54%) apresentam os maiores percentuais de microbacias com valores altos de CQe e as regiões Centro-Oeste (20%) e Norte (11%) os menores percentuais. A Tabela 12 apresenta um resumo do CQe por unidade de federação. Os dados de CQe por microrregião são apresentados nas Tabelas 16 a 40 (ANEXO).

Tabela 12. Percentual (%) das Ottobacias de nível 12 nas classes de qualidade energética (CQe) por região e por unidade da federação.

Região	Unidade da federação	Percentual (%) das Ottobacias de nível 12		
		Alta	Média	Baixa
Norte		11,3	60,9	27,9
	Acre	14,4	39,6	46,0
	Amazonas	5,0	68,3	26,6
	Pará	5,9	75,2	18,9
	Rio Grande do Norte	72,8	0,0	27,2
	Rondônia	41,1	10,1	48,8
	Tocantins	19,4	33,8	46,8
Nordeste		46,5	13,1	40,4
	Alagoas	77,5	0,0	22,5
	Bahia	38,9	13,8	47,3
	Ceará	67,1	0,6	32,3
	Maranhão	27,4	21,2	51,4
	Paraíba	70,2	0,0	29,8
	Pernambuco	68,7	1,4	29,9
	Piauí	21,0	34,8	44,2
	Rio Grande do Norte	72,8	0,0	27,2
Sudeste	Sergipe	76,6	0,2	23,2
		67,0	0,7	32,3
	Espírito Santo	84,0	0,0	16,0
	Minas Gerais	55,7	1,1	43,2
	Rio de Janeiro	83,8	0,2	16,0
	São Paulo	85,1	0,1	14,8
Sul		54,2	0,7	45,1
	Paraná	55,2	0,1	44,7
	Rio Grande do Sul	51,9	0,9	47,2
	Santa Catarina	60,5	1,6	37,9
Centro-Oeste		20,3	36,9	42,7
	Distrito Federal	92,1	0,0	7,9
	Goiás	41,0	5,7	53,2
	Mato Grosso	11,1	52,2	36,7
	Mato Grosso do Sul	22,2	28,2	49,5

4.5. Classificação das distâncias para segmentos de baixa, média e alta tensão

A distância euclidiana mínima (Figura 15), média (Figura 16) e máxima (Figura 17) da rede elétrica trifásica mais próxima, por microbacia, deverá ser incluída no sistema de consulta a ser disponibilizado no âmbito deste estudo. Esse sistema possibilitará ao usuário selecionar como filtro espacial de microbacias o limite de distância de interesse a segmentos de distribuição de energia elétrica trifásicos, integrada para vários grupos de tensão ou, de forma isolada, para um grupo de tensão específico. Dessa forma, ficará a critério do usuário a definição do limite de corte da variável, de acordo com a pergunta proposta.

Figura 15. Distância mínima da rede trifásica por Ottobacia de nível 12 no Brasil.

Figura 16. Distância média da rede trifásica por Ottobacia de nível 12 no Brasil.

Figura 17. Distância máxima da rede trifásica por Ottobacia de nível 12 no Brasil.

Os valores médios das distâncias mínima, máxima e média, agrupados por UF são apresentados na Tabela 13. Para distância média, os menores valores ocorrem no Distrito Federal, São Paulo e Rio Grande do Norte. As maiores distâncias médias ocorrem para os estados da região norte, seguidos pelo Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Maranhão. Os valores médios calculados por microrregião são apresentados nas Tabelas 16 a 40—(ANEXO - Tabelas com dados por microrregiões e Estados). Por fim, são apresentados os valores médios, calculados por município (Figura 18) e microrregião (Figura 19).

Tabela 13. Valores médios por Ottobacia de nível 12 da distância (km) mínima, máxima e média até a rede trifásica por unidade de federação (UF).

UF	Mínima	Máxima	Média
Acre	29,3	56,3	34,3
Alagoas	0,2	14,9	1,4
Amazonas	79,4	93,2	84,8
Bahia	1,6	35,7	4,3
Ceará	0,2	18,6	1,0
Distrito Federal	0,1	12,4	0,9
Espírito Santo	0,2	13,9	1,2
Goiás	1,9	30,7	4,8
Maranhão	4,4	43,2	8,2
Mato Grosso	18,2	87,8	22,8
Mato Grosso do Sul	6,4	50,6	9,5
Minas Gerais	1,4	23,1	3,6
Pará	87,5	136,4	92,6
Paraíba	0,6	17,1	2,2
Paraná	0,3	22,7	2,0
Pernambuco	0,5	19,4	2,0
Piauí	8,2	54,7	12,3
Rio de Janeiro	0,2	13,9	1,2
Rio Grande do Norte	0,2	16,4	1,1
Rio Grande do Sul	1,2	24,1	3,2
Rondônia	14,6	36,0	19,9
Santa Catarina	0,4	20,7	2,1
São Paulo	0,2	13,9	0,9
Sergipe	0,3	16,0	1,6
Tocantins	3,4	56,5	6,9

Figura 18. Distância média da rede trifásica por município no Brasil.

Figura 19. Distância média da rede trifásica por microrregião no Brasil.

4.6. Banco de dados digital

Este produto inclui o conjunto completo de dados, em formato compatível com os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) utilizado no estudo. Fazem parte desse conjunto os dados utilizados como fonte e os resultados do processamento. O formato escolhido para apresentar as informações vetoriais foi SHP (*shapefile*). Os mapas matriciais são disponibilizados no formato JPG e os dados tabulares em formato XLS. Os anexos digitais podem ser solicitados do autor ou acessados pelo link:

<https://www.dropbox.com/sh/8amtf7cuarstog/AADzOzf584bG5gJ1T1s21Vdha?dl=0>.

4.7. Estudo de caso: potencial de expansão da agricultura irrigada no Mato Grosso

Os resultados desse estudo de caso (ASSUNÇÃO, 2016) foram calculados a partir de um recorte dos dados originais (calculados por bacias) do estudo “Análise Territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil”. Com as variáveis utilizadas no estudo original, é possível a configuração de múltiplos cenários com maior ou menor complexidade de acordo com o número de combinações estabelecido. Para esse exercício, no entanto, foram utilizadas como ponto de partida a disponibilidade de área adicional irrigável e a aptidão física das terras (solos e relevo)². Somado a essas variáveis, utilizou-se também um indicador de proximidade a redes de distribuição elétrica de conexão trifásica³. A Figura 20 apresenta a distribuição da área adicional irrigável no Mato Grosso e o Tabela 14 apresenta os valores de área adicional irrigável por microrregião em cada categoria de aptidão e de infraestrutura.

Com objetivo de localizar as áreas de maior potencial, as bacias com aptidão física alta foram selecionadas. Os resultados podem ser observados na Figura 21.

Figura 20. Área adicional irrigável (em hectares) por microrregião no Estado do Mato Grosso.

² A descrição completa da metodologia de elaboração dessas variáveis pode ser encontrada no estudo original.

³ A disponibilidade da infraestrutura energética foi avaliada a partir da proximidade média de cada bacia à rede elétrica com potencial energético para implantação de sistemas de irrigação que utilizam motores trifásicos. Foi calculado um indicador de acordo com a proximidade das bacias com as redes de conexão trifásica de alta, média e baixa tensão. O resultado foi agrupado em três categorias de acordo com a distância: até 3 km (alta qualidade), de 3 a 23 km (média qualidade) e acima de 23 km (baixa qualidade).

Tabela 14. Área (ha) adicional irrigável por microrregião e por categorias de solo e relevo e disponibilidade de infraestrutura energética no estado do Mato Grosso.

Microrregião	Código IBGE	Aptidão de solo e relevo			Infraestrutura energética			Total geral	%
		Alta	Média	Baixa	Alta	Média	Baixa		
Aripuanã	51001	542.066	153.176	68.941	58.022	463.124	270.037	764.183	7,6
Alta Floresta	51002	208.273	62.977	23.110	45.012	191.995	57.353	294.360	2,9
Colíder	51003	232.878	84.733	48.473	73.831	273.302	18.951	366.084	3,6
Parecis	51004	614.214	276.836	102.208	136.259	784.749	72.250	993.258	9,8
Arinos	51005	435.836	134.407	31.868	47.926	411.002	143.183	602.111	6,0
Alto Teles Pires	51006	770.018	213.091	60.684	340.146	692.482	11.165	1.043.793	10,3
Sinop	51007	364.575	48.664	14.739	68.207	322.034	37.737	427.978	4,2
Paranatinga	51008	192.760	223.825	129.987	30.579	431.366	94.627	546.572	5,4
Norte Araguaia	51009	280.389	407.004	48.682	29.599	453.171	253.305	736.075	7,3
Canarana	51010	386.822	297.087	108.622	94.154	617.788	80.589	792.531	7,8
Médio Araguaia	51011	93.523	306.797	46.131	63.363	245.912	137.176	446.451	4,4
Alto Guaporé	51012	107.989	144.144	21.628	38.711	208.188	26.862	273.761	2,7
Tangará da Serra	51013	98.209	140.598	48.201	84.389	194.113	8.506	287.008	2,8
Jauru	51014	149.414	109.372	31.214	84.158	188.706	17.136	290.000	2,9
Alto Paraguai	51015	31.369	35.813	3.834	23.046	47.970		71.016	0,7
Rosário Oeste	51016	18.271	28.142	86.204	32.152	96.076	4.389	132.617	1,3
Cuiabá	51017	32.743	152.465	165.841	110.627	146.044	94.378	351.049	3,5
Alto Pantanal	51018	178.085	362.675	33.185	33.760	308.039	232.146	573.945	5,7
Primavera do Leste	51019	103.599	25.881	12.923	98.837	43.566		142.403	1,4
Tesouro	51020	67.859	117.574	204.437	95.932	288.604	5.334	389.870	3,9
Rondonópolis	51021	106.398	216.188	97.173	197.312	218.845	3.602	419.759	4,1
Alto Araguaia	51022	21.767	50.213	98.719	29.509	136.245	4.945	170.699	1,7
Total		5.037.057	3.591.662	1.486.804	1.815.531	6.726.321	1.573.671	10.115.523	100,0

Figura 21. Área adicional irrigável (em hectares) com alta aptidão física, por microrregião, no Mato Grosso.

A partir das áreas selecionadas na Figura 21, foram selecionadas áreas com valor “alto” do indicador de qualidade da infraestrutura energética. Consideradas essas variáveis, o resultado apresentado na Figura 22 representaria as melhores condições de entorno para implantação de projetos de irrigação. A Tabela 15 apresenta os valores de área irrigada nas condições ótimas de solo e relevo e proximidade com a rede elétrica trifásica. Dos 10 milhões de hectares que apresentavam potencial para aumento da irrigação no Estado, 1,1 milhões (11%) apresentam valores ótimos na variável física e na de infraestrutura elétrica. Somente nessas condições ótimas, esse valor ainda seria mais de seis vezes maior que os 179.000 hectares de agricultura irrigada já presentes nesse Estado (ANA, 2014).

Figura 22. Área adicional irrigável (em hectares) com alta aptidão física e alta disponibilidade de infraestrutura energética, por microrregião, no estado do Mato Grosso.

Tabela 15. Área (ha) adicional irrigável com alta aptidão física e alta disponibilidade de infraestrutura energética no estado do Mato Grosso.

Microrregião	Código IBGH	Área (ha)	%
Aripuanã	51001	47.907	4,3
Alta Floresta	51002	43.452	3,9
Colíder	51003	47.623	4,2
Parecis	51004	100.964	9,0
Arinos	51005	34.841	3,1
Alto Teles Pires	51006	288.571	25,6
Sinop	51007	64.079	5,7
Paranatinga	51008	14.610	1,3
Norte Araguaia	51009	14.801	1,3
Canarana	51010	49.820	4,4
Médio Araguaia	51011	30.442	2,7
Alto Guaporé	51012	27.582	2,4
Tangará da Serra	51013	35.609	3,2
Jauru	51014	50.274	4,5
Alto Paraguai	51015	17.028	1,5
Rosário Oeste	51016	6.453	0,6
Cuiabá	51017	9.041	0,8
Alto Pantanal	51018	4.711	0,4
Primavera do Leste	51019	91.257	8,1
Tesouro	51020	50.593	4,5
Rondonópolis	51021	83.043	7,4
Alto Araguaia	51022	13.555	1,2
Total		1.126.256	100,0

De acordo com o estudo (“Análise Territorial para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil”) que foi aqui utilizado como referência metodológica (SPAROVEK et al., 2014), estima-se que o estado do Mato Grosso detenha o potencial de expandir sua agricultura irrigada em aproximadamente 10 milhões de hectares. Entretanto, o valor potencial deve ser analisado combinando as variáveis complementares de modo a resultar em valores factíveis e de priorização em curto e médio prazo. Uma vez selecionadas as melhores áreas, considerando aptidão agrícola e infraestrutura elétrica, o valor potencial de 10 milhões de hectares foi reduzido para 1,1 milhões de hectares disponíveis para expansão da agricultura irrigada no referido estado.

Vale ressaltar que os valores aqui estimados devem ser vistos como indicadores de análise regional, e que outras restrições não avaliadas se impõem sobre a área adicional irrigável como, por exemplo, infraestrutura logística, e eventuais limitações na disponibilidade de água que só podem ser avaliadas com estudos locais.

A análise territorial e modelagem espacial permitem a formulação de cenários e incorporação de ajustes na forma de interpretação das variáveis. A abordagem territorial para fins de planejamento e gestão possibilita focalização espacial das questões imprescindíveis ao desenvolvimento rural sustentável. A inclusão de outras variáveis, tais como a disponibilidade da energia elétrica, permite combinar as informações geradas para melhor analisar o potencial de expansão da agricultura irrigada no Brasil. Sobre todos esses fatores, o empreendedorismo dos produtores, com inovações e diversos arranjos produtivos e comerciais, precisam ser devidamente valorizados, considerando-se também a importância da introdução da agricultura irrigada nas propriedades, independentemente do porte dos produtores. Caso a caso, mesmo diante estudos que indiquem vantagens regionais, como este, empreender em agricultura irrigada é virtuoso, um negócio que precisa ser permeado fortemente pelo Brasil afora.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho marca a conclusão do primeiro ciclo de consolidação e processamento de dados espaciais do Projeto “Análise territorial e as políticas voltadas para a promoção da gestão integrada e do uso sustentável da água no meio rural no Brasil”. Este ciclo de trabalho esteve voltado para a estruturação de uma base de dados geográfica com abrangência nacional de representação da infraestrutura elétrica instalada, apta para alimentação de projetos de irrigação. Foram aqui trabalhados todos os dados geográficos atualmente disponíveis sobre distribuição de energia elétrica de alta, média e baixa tensão no Brasil, congregando informações de todas as distribuidoras de energia elétrica reguladas pela ANEEL. A base de dados consolidada possibilitou a geração de variáveis qualitativas e quantitativas compatíveis, em formato e estrutura, com modelos de análise territorial.

A conclusão dessa etapa preenche uma lacuna nos estudos de análise territorial de uso sustentável da água porque trata da disponibilidade de infraestrutura elétrica que é crucial na modelagem de sistemas de agricultura irrigada. Até então, não havia sido realizado um tratamento dessas informações com abrangência nacional, utilizando-se uma metodologia única, replicável e articulada com as instituições ANEEL e MAPA. A colaboração institucional na cessão e orientação de uso das bases de dados cria condições para o contínuo aprimoramento das informações e seu geoprocessamento, na medida em que a rede de distribuição de energia elétrica se ramifica e novas informações vão sendo agregadas.

O trabalho apresenta uma contribuição significativa para combinar as informações geradas com outros estudos que analisaram o potencial de expansão da agricultura irrigada no Brasil e com isso promover o desenvolvimento de ferramentas digitais de análise voltadas para gestores de políticas públicas com foco na agricultura irrigada e uso sustentável da água no meio rural.

REFERÊNCIAS

- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2013**. Brasília. 2014, 432p. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2013_rel.pdf>. Acesso em: 31 out. 2017.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília. 2017, 85p. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica**. 3. ed. Brasília. 2008, 236p. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Resolução normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010**. 2010. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414comp.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Serviço Público de Transmissão de Energia Elétrica**. 2015a. Disponível em: <<http://www.ANEEL.gov.br/transmissao5>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica**. 2015b. Disponível em: <<http://www.ANEEL.gov.br/distribuicao2>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – Prodist / Módulo 6 – Informações Requeridas e Obrigações**. 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/modulo-6>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- ASSUNÇÃO, A.L.C; MAULE, R.; DOURADO, D.N; BARRETTO, A.G.O.P. Potencial de expansão da agricultura irrigada no Mato Gros-o. **ITEM - Revista trimestral da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem**, v.108/109 p.30-36, 2016. Disponível em: <http://www.abid.org.br/arquivo/revista/revista_pdf/item_108-109.pdf>. Acesso em: 31 out. 2017.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V.; DRUCK, S.; CARVALHO, M.S. Análise Espacial e Geoprocessamento. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: EMBRAPA. 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- CHRISTOFIDIS, D. **Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos**. In: THEODORO, S.H. (org.) **Conflitos e Uso sustentável dos Recursos Naturais**. Rio de Janeiro: Ed. Garamond. 2002
- FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture. Managing systems at risk**. New York, 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- LONGLEY, P.A.; GOODCHILG, M.F.; MAGUIRE, D.J.; RHIND, D.W. (Ed.). **Sistemas e ciência da informação geográfica**. Tradução de A. Schneider et al. Revisão técnica de H. Hasenack e E.J. Weber. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 540p.

- SPAROVEK, G.; BERNDES, G.; KLUG, I.L.F.; BARRETTO, A.G.O.P. Brazilian Agriculture and Environmental Legislation: Status and Future Challenges. **Environmental Science & Technology**, v.44, p.6046-6053, 2010.
- SPAROVEK, G.; DOURADO NETO, D.; BARRETTO, A.G.O.P.; MAULE, R.; ASSUNÇÃO, A.L.C. **Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil**. Brasília: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, Ministério da Integração Nacional. 2014. Disponível em: <<http://www.iicabr.iica.org.br/wp-content/uploads/2016/02/FEALQ-An%C3%A1lise-Territorial-Agricultura-Irigada.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- SPAROVEK, G.; BARRETTO, A.G.O.P.; MATSUMOTO, M.; BERNDES, G. Effects of governance on availability of land for agriculture and conservation in Brazil. **Environmental Science & Technology**, v.49, p.10285-10293, 2015.

ANEXO. Tabelas com dados por microrregiões e Estados

Tabela 16. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Acre.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Acre		29,3	34,3	56,3	40%	46%	14%
Brasileia	12005	19,0	22,3	47,0	20%	62%	18%
Cruzeiro do Sul	12001	27,5	33,6	55,6	33%	55%	12%
Rio Branco	12004	2,1	4,7	27,7	10%	31%	59%
Sena Madureira	12003	38,1	44,1	65,6	53%	37%	10%
Tarauacá	12002	33,1	37,8	59,5	46%	47%	7%

Tabela 17. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Alagoas.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Alagoas		0,2	1,4	14,9	0%	22%	78%
Alagoana do Sertão do São Francisco	27002	0,4	2,0	16,9	0%	23%	77%
Arapiraca	27006	0,2	1,3	18,4	0%	39%	61%
Batalha	27004	0,2	1,3	22,4	0%	62%	38%
Litoral Norte Alagoano	27010	0,1	0,8	12,5	0%	0%	100%
Maceió	27011	0,1	1,0	8,8	0%	0%	100%
Mata Alagoana	27009	0,2	1,3	10,8	0%	1%	99%
Palmeira dos Índios	27005	0,2	1,5	17,9	0%	37%	63%
Penedo	27013	0,1	1,0	11,0	0%	11%	89%
Santana do Ipanema	27003	0,5	2,6	13,4	0%	20%	80%
São Miguel dos Campos	27012	0,2	1,3	15,6	0%	16%	84%
Serrana do Sertão Alagoano	27001	0,2	2,5	25,1	0%	64%	36%
Serrana dos Quilombos	27008	0,1	1,2	12,4	0%	14%	86%
Traipu	27007	0,3	1,4	22,7	0%	71%	29%

Tabela 18. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Amazonas.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Amazonas		79,4	84,8	93,2	68%	27%	5%
Alto Solimões	13003	71,6	76,4	82,2	62%	32%	6%
Boca do Acre	13011	82,4	89,7	98,2	77%	20%	2%
Coari	13006	84,6	89,7	95,5	76%	20%	4%
Itacoatiara	13009	29,5	33,5	41,6	18%	56%	26%
Japurá	13002	67,7	72,8	78,5	68%	28%	4%
Juruá	13004	56,5	61,7	67,5	46%	48%	6%
Madeira	13013	75,6	82,0	92,1	67%	30%	3%
Manaus	13007	14,3	19,1	31,8	0%	76%	24%
Parintins	13010	86,4	92,7	105,7	73%	22%	5%
Purus	13012	98,5	104,8	118,2	91%	9%	0%
Rio Negro	13001	101,2	106,2	113,6	82%	16%	1%
Rio Preto da Eva	13008	23,4	27,5	40,7	18%	48%	34%
Tefé	13005	82,1	86,5	91,9	66%	26%	8%

Tabela 19. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado da Bahia.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Bahia		1,6	4,3	35,7	14%	47%	39%
Alagoinhas	29017	0,3	2,2	19,4	0%	38%	62%
Barra	29006	2,4	6,3	60,1	50%	34%	16%
Barreiras	29001	2,9	7,0	46,2	27%	43%	30%
Bom Jesus da Lapa	29007	0,5	3,0	24,0	3%	40%	57%
Boquira	29022	1,3	3,7	36,9	5%	75%	20%
Brumado	29027	0,5	3,0	30,5	11%	44%	46%
Catu	29019	0,2	1,2	9,1	0%	0%	100%
Cotegipe	29002	3,0	6,8	82,6	74%	22%	4%
Entre Rios	29018	0,5	2,9	17,8	0%	28%	72%
Euclides da Cunha	29014	1,0	3,2	27,0	0%	63%	37%
Feira de Santana	29012	0,2	1,7	33,9	5%	58%	37%
Guanambi	29026	0,6	2,7	22,1	0%	46%	54%
Ilhéus-Itabuna	29031	0,2	1,4	19,9	0%	37%	63%
Irecê	29009	0,8	3,7	32,0	2%	66%	32%
Itaberaba	29011	0,3	2,4	30,8	0%	66%	34%
Itapetinga	29029	0,3	2,1	26,2	5%	50%	45%
Jacobina	29010	0,6	2,8	28,9	10%	39%	51%
Jequié	29024	0,2	1,9	27,6	0%	66%	34%
Jeremoabo	29013	1,1	4,3	40,6	2%	87%	11%
Juazeiro	29004	3,8	7,6	50,4	25%	50%	25%
Livramento do Brumado	29025	0,7	3,0	23,2	0%	48%	52%
Paulo Afonso	29005	2,1	5,3	21,6	0%	43%	57%
Porto Seguro	29032	0,5	2,4	26,4	2%	55%	43%
Ribeira do Pombal	29015	0,2	1,6	21,7	0%	48%	52%
Salvador	29021	0,1	0,7	6,2	0%	0%	100%
Santa Maria da Vitória	29003	5,2	9,1	50,0	30%	47%	24%
Santo Antônio de Jesus	29020	0,3	1,5	10,9	0%	4%	96%
Seabra	29023	0,5	2,9	34,2	8%	61%	31%
Senhor do Bonfim	29008	1,3	4,2	35,2	15%	43%	43%
Serrinha	29016	0,4	2,4	25,1	0%	59%	41%
Valença	29030	0,3	1,8	19,3	0%	39%	61%
Vitória da Conquista	29028	0,3	2,2	28,0	5%	52%	43%

Tabela 20. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Ceará.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Ceará		0,2	1,0	18,6	1%	32%	67%
Baixo Curu	23009	0,1	0,6	8,8	0%	0%	100%
Baixo Jaguaribe	23023	0,2	0,9	17,8	0%	29%	71%
Barro	23031	0,1	0,8	15,6	0%	22%	78%
Baturité	23013	0,1	0,7	16,2	0%	25%	75%
Brejo Santo	23033	0,1	0,7	16,7	0%	38%	63%
Canindé	23012	0,1	1,1	28,5	0%	65%	35%
Cariri	23032	0,1	0,8	14,5	0%	17%	83%
Caririaçu	23030	0,1	0,8	21,8	0%	53%	47%
Cascavel	23015	0,2	0,9	15,7	0%	29%	71%
Chapada do Araripe	23029	0,1	1,0	16,1	0%	25%	75%
Chorozinho	23014	0,1	0,7	30,3	0%	69%	31%
Coreaú	23003	0,1	0,9	12,7	0%	1%	99%
Fortaleza	23016	0,1	0,5	10,6	0%	4%	96%
Ibiapaba	23002	0,1	1,3	20,5	2%	25%	74%
Iguatu	23026	0,2	0,9	13,6	0%	16%	84%
Ipu	23006	0,1	0,9	23,0	6%	31%	63%
Itapipoca	23008	0,1	0,7	20,9	0%	39%	61%
Lavras da Mangabeira	23028	0,1	0,8	16,3	0%	23%	77%
Litoral de Aracati	23022	0,1	1,0	12,5	0%	12%	88%
Litoral de Camocim e Acaraú	23001	0,2	0,9	19,3	0%	35%	65%
Médio Curu	23011	0,1	0,9	10,6	0%	7%	93%
Médio Jaguaribe	23024	0,4	1,2	11,2	0%	8%	92%
Meruoca	23004	0,1	0,6	12,6	0%	0%	100%
Pacajus	23017	0,2	0,7	5,0	0%	0%	100%
Santa Quitéria	23007	0,2	1,3	25,3	0%	64%	36%
Serra do Pereiro	23025	0,2	0,9	32,4	0%	81%	19%
Sertão de Crateús	23018	0,2	1,2	27,2	7%	40%	53%
Sertão de Inhamuns	23020	0,2	1,3	19,8	2%	37%	61%
Sertão de Quixeramobim	23019	0,2	1,0	18,9	0%	33%	67%
Sertão de Senador Pompeu	23021	0,2	0,9	20,7	0%	48%	52%
Sobral	23005	0,1	0,9	13,1	0%	15%	85%
Uruburetama	23010	0,1	0,6	10,2	0%	0%	100%
Várzea Alegre	23027	0,2	0,9	25,3	0%	60%	40%

Tabela 21. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no Distrito Federal.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Distrito Federal		0,1	0,9	12,4	0%	8%	92%
Brasília	53001	0,1	0,9	12,4	0%	8%	92%

Tabela 22. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Espírito Santo.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Espírito Santo		0,2	1,2	13,9	0%	16%	84%
Afonso Cláudio	32007	0,2	1,2	16,2	0%	22%	78%
Alegre	32011	0,2	1,5	16,5	0%	25%	75%
Barra de São Francisco	32001	0,2	2,2	26,2	0%	70%	30%
Cachoeiro de Itapemirim	32012	0,2	1,0	9,6	0%	2%	98%
Colatina	32003	0,1	1,0	17,1	0%	25%	75%
Guarapari	32010	0,2	0,9	10,6	0%	7%	93%
Itapemirim	32013	0,2	1,1	13,8	0%	23%	77%
Linhares	32006	0,3	1,3	13,7	0%	8%	92%
Montanha	32004	0,2	1,4	20,6	0%	39%	61%
Nova Venécia	32002	0,1	0,9	14,3	0%	19%	81%
Santa Teresa	32008	0,2	0,9	8,2	0%	0%	100%
São Mateus	32005	0,2	1,5	14,3	0%	11%	89%
Vitória	32009	0,1	0,7	6,9	0%	0%	100%

Tabela 23. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Goiás.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Goiás		1,9	4,8	30,7	6%	53%	41%
Anápolis	52007	0,4	2,0	12,4	0%	6%	94%
Anicuns	52009	0,5	2,5	17,8	0%	31%	69%
Aragarças	52003	1,9	5,5	31,9	0%	73%	27%
Catalão	52017	1,4	4,2	29,8	0%	63%	37%
Ceres	52006	0,7	3,0	16,9	0%	23%	77%
Chapada dos Veadeiros	52005	4,5	8,9	48,0	24%	64%	12%
Entorno de Brasília	52012	1,3	3,7	27,7	1%	59%	41%
Goiânia	52010	0,4	1,7	11,8	0%	6%	94%
Iporá	52008	1,0	3,9	19,2	0%	34%	66%
Meia Ponte	52015	0,7	2,8	17,9	0%	26%	74%
Pires do Rio	52016	1,0	3,4	25,9	0%	60%	40%
Porangatu	52004	3,3	6,7	32,0	6%	57%	37%
Quirinópolis	52018	1,1	3,4	35,2	12%	56%	32%
Rio Vermelho	52002	1,2	4,2	30,2	4%	57%	39%
São Miguel do Araguaia	52001	2,4	6,7	44,7	11%	69%	19%
Sudoeste de Goiás	52013	2,7	6,0	40,6	14%	67%	20%
Vale do Rio dos Bois	52014	0,8	2,9	22,2	0%	45%	55%
Vão do Paraná	52011	2,6	5,8	32,7	2%	66%	32%

Tabela 24. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Maranhão.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Maranhão		4,4	8,2	43,2	21%	51%	27%
Aglomeração Urbana de São Luís	21002	0,1	0,9	6,7	0%	0%	100%
Alto Mearim e Grajaú	21011	4,9	8,6	48,0	26%	62%	12%
Baixada Maranhense	21005	2,0	5,2	22,2	0%	49%	51%
Baixo Parnaíba Maranhense	21013	1,1	4,0	31,5	0%	75%	25%
Caxias	21017	0,9	3,8	40,6	21%	49%	30%
Chapadas das Mangabeiras	21021	5,0	9,6	49,7	34%	48%	18%
Chapadas do Alto Itapecuru	21018	7,1	11,1	52,7	37%	52%	11%
Chapadinha	21014	0,4	2,9	20,1	0%	37%	63%
Codó	21015	0,9	4,0	24,3	0%	52%	48%
Coelho Neto	21016	0,7	4,4	26,4	0%	62%	38%
Gerais de Balsas	21020	8,3	13,6	62,5	38%	45%	17%
Gurupi	21007	9,2	13,9	52,8	38%	37%	25%
Imperatriz	21009	1,8	6,0	44,5	22%	55%	22%
Itapecuru Mirim	21006	1,4	4,4	33,7	0%	75%	25%
Lençóis Maranhenses	21004	3,4	7,1	52,9	28%	65%	7%
Litoral Ocidental Maranhense	21001	2,8	5,1	31,6	9%	55%	36%
Médio Mearim	21010	1,0	3,1	18,8	0%	30%	70%
Pindaré	21008	3,6	6,6	36,3	12%	57%	31%
Porto Franco	21019	1,9	5,4	36,4	12%	54%	34%
Presidente Dutra	21012	1,5	4,9	31,7	1%	65%	33%
Rosário	21003	2,0	5,4	29,5	0%	67%	33%

Tabela 25. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Mato Grosso.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Mato Grosso		18,2	22,8	87,8	52%	37%	11%
Alta Floresta	51002	41,2	46,4	93,0	53%	38%	9%
Alto Araguaia	51022	5,3	8,7	51,1	25%	70%	5%
Alto Guaporé	51012	6,0	10,2	60,8	47%	42%	11%
Alto Pantanal	51018	24,2	29,9	74,4	49%	38%	13%
Alto Paraguai	51015	1,5	4,7	35,2	0%	85%	15%
Alto Teles Pires	51006	3,4	6,6	52,0	27%	61%	12%
Arinos	51005	14,9	19,1	64,2	50%	45%	5%
Aripuanã	51001	30,7	35,7	155,1	80%	15%	5%
Canarana	51010	12,8	17,2	65,6	48%	37%	14%
Colíder	51003	11,8	16,0	76,6	44%	39%	17%
Cuiabá	51017	2,6	6,4	38,4	13%	59%	28%
Jauru	51014	4,7	8,7	45,5	28%	49%	24%
Médio Araguaia	51011	7,9	14,6	63,8	41%	38%	21%
Norte Araguaia	51009	10,4	16,0	70,5	46%	42%	12%
Paranatinga	51008	18,6	23,8	91,7	82%	17%	2%
Parecis	51004	17,8	23,1	95,3	68%	26%	6%
Primavera do Leste	51019	1,0	3,8	56,2	36%	56%	8%
Rondonópolis	51021	1,7	4,6	40,3	12%	64%	24%
Rosário Oeste	51016	4,2	8,4	39,3	13%	62%	25%
Sinop	51007	10,1	14,3	65,1	40%	43%	18%
Tangará da Serra	51013	4,4	8,0	30,3	7%	46%	48%
Tesouro	51020	5,2	8,5	59,3	44%	50%	7%

Tabela 26. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Mato Grosso do Sul.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Mato Grosso do Sul		6,4	9,5	50,6	28%	50%	22%
Alto Taquari	50003	1,6	5,0	59,2	40%	49%	10%
Aquidauana	50002	1,7	4,7	39,4	19%	45%	36%
Baixo Pantanal	50001	33,0	39,7	84,3	59%	36%	5%
Bodoquena	50009	0,7	2,8	33,8	1%	72%	27%
Campo Grande	50004	0,5	2,6	40,9	19%	56%	26%
Cassilândia	50005	0,7	2,9	32,3	6%	57%	37%
Dourados	50010	0,6	2,3	26,0	2%	49%	49%
Iguatemi	50011	1,2	2,9	38,1	15%	51%	34%
Nova Andradina	50008	0,6	3,0	51,5	29%	57%	14%
Paranaíba	50006	1,2	3,5	42,9	19%	59%	23%
Três Lagoas	50007	0,6	3,1	57,5	42%	47%	11%

Tabela 27. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Minas Gerais.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Minas Gerais		1,4	3,6	23,1	1%	43%	56%
Aimorés	31041	0,3	2,4	24,3	0%	56%	44%
Alfenas	31049	0,2	1,4	14,7	0%	5%	95%
Almenara	31014	0,6	4,0	29,8	4%	63%	33%
Andrelândia	31055	0,5	3,0	20,2	0%	39%	61%
Araçuaí	31012	1,0	3,8	18,2	0%	33%	67%
Araxá	31023	0,8	2,8	19,4	0%	37%	63%
Barbacena	31059	0,5	2,3	16,4	0%	24%	76%
Belo Horizonte	31030	0,1	1,0	9,2	0%	5%	95%
Bocaiúva	31009	5,2	7,9	30,0	2%	57%	40%
Bom Despacho	31026	1,1	3,4	16,5	0%	16%	84%
Campo Belo	31045	0,5	2,4	19,1	0%	37%	63%
Capelinha	31011	1,4	3,8	30,7	1%	62%	37%
Caratinga	31040	0,5	2,4	18,5	0%	36%	64%
Cataguases	31066	0,2	1,9	11,2	0%	3%	97%
Conceição do Mato Dentro	31028	1,8	4,1	24,9	0%	54%	46%
Conselheiro Lafaiete	31034	0,2	1,7	15,0	0%	24%	76%
Curvelo	31025	1,5	3,3	22,1	0%	40%	60%
Diamantina	31010	3,1	5,4	23,2	2%	40%	58%
Divinópolis	31043	0,2	1,7	11,0	0%	4%	96%
Formiga	31044	0,5	2,6	15,2	0%	20%	80%
Frutal	31021	0,4	1,9	21,2	0%	41%	59%
Governador Valadares	31037	1,2	3,4	17,6	0%	29%	71%
Grão Mogol	31008	3,7	6,8	38,4	0%	87%	13%
Guanhães	31035	1,2	3,2	16,4	0%	26%	74%
Ipatinga	31039	0,9	2,9	20,2	0%	47%	53%
Itabira	31031	0,8	2,9	21,1	0%	43%	57%
Itaguara	31032	0,1	1,9	17,9	0%	27%	73%
Itajubá	31056	0,1	1,7	16,2	0%	16%	84%
Ituiutaba	31017	0,6	2,6	20,1	0%	35%	65%
Janaúba	31004	2,3	5,2	25,8	0%	51%	49%
Januária	31003	3,5	7,1	33,6	9%	50%	42%
Juiz de Fora	31065	0,4	2,2	23,6	0%	48%	52%
Lavras	31057	0,5	2,5	12,6	0%	2%	98%
Manhuaçu	31061	0,3	2,0	12,1	0%	8%	92%
Mantena	31038	0,3	2,7	21,2	0%	41%	59%
Montes Claros	31007	0,5	2,6	20,2	0%	34%	66%
Muriae	31063	0,2	1,5	17,5	0%	34%	66%
Nanuque	31016	0,4	3,2	25,8	1%	53%	46%
Oliveira	31046	0,3	2,0	16,6	0%	22%	78%

Tabela 28. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Minas Gerais (Continuação).

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Minas Gerais		1,4	3,6	23,1	1%	43%	56%
Ouro Preto	31033	0,4	2,5	10,8	0%	4%	96%
Pará de Minas	31029	0,4	2,0	14,9	0%	16%	84%
Paracatu	31002	1,9	4,5	26,8	0%	67%	33%
Passos	31047	0,8	2,5	17,6	0%	28%	72%
Patos de Minas	31020	1,8	4,0	22,6	0%	48%	52%
Patrocínio	31019	0,6	2,6	21,0	0%	43%	57%
Peçanha	31036	2,1	4,3	16,9	0%	28%	72%
Pedra Azul	31013	0,9	3,6	21,2	3%	22%	75%
Pirapora	31006	1,5	4,3	29,8	4%	55%	41%
Piuí	31042	1,2	3,6	30,5	0%	65%	35%
Poços de Caldas	31051	0,1	1,2	12,5	0%	10%	90%
Ponte Nova	31060	0,3	2,0	16,1	0%	21%	79%
Pouso Alegre	31052	0,1	1,0	18,2	0%	39%	61%
Salinas	31005	1,6	4,5	33,3	8%	62%	31%
Santa Rita do Sapucaí	31053	0,2	1,6	17,1	0%	31%	69%
São João Del Rei	31058	0,5	2,6	20,3	0%	47%	53%
São Lourenço	31054	0,3	2,0	14,0	0%	18%	82%
São Sebastião do Paraíso	31048	0,2	1,1	21,7	0%	44%	56%
Sete Lagoas	31027	1,0	2,5	26,0	0%	62%	38%
Teófilo Otoni	31015	0,8	3,8	22,9	0%	50%	50%
Três Marias	31024	2,1	4,8	19,9	0%	36%	64%
Ubá	31064	0,2	1,7	11,1	0%	6%	94%
Uberaba	31022	0,7	2,3	21,3	0%	46%	54%
Uberlândia	31018	1,0	3,0	21,7	0%	41%	59%
Unai	31001	1,9	4,4	31,5	5%	57%	38%
Varginha	31050	0,2	1,7	14,2	0%	15%	85%
Viçosa	31062	0,4	2,3	15,8	0%	23%	77%

Tabela 29. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Pará.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Pará		87,5	92,6	136,4	75%	19%	6%
Almeirim	15003	145,1	149,8	225,6	99%	1%	0%
Altamira	15015	75,3	81,3	120,3	81%	16%	3%
Arari	15006	15,8	20,5	83,4	56%	44%	0%
Belém	15007	0,4	1,5	9,2	0%	2%	98%
Bragantina	15010	0,8	2,5	20,0	0%	35%	65%
Cametá	15011	3,1	6,2	46,6	25%	58%	17%
Castanhal	15008	0,4	1,9	22,7	0%	48%	52%
Conceição do Araguaia	15022	8,1	12,2	114,7	80%	16%	5%
Furos de Breves	15005	20,0	25,1	87,5	68%	27%	6%
Guamá	15013	3,1	6,1	46,1	26%	49%	24%
Itaituba	15014	87,0	93,7	131,5	80%	16%	4%
Marabá	15020	4,2	7,9	69,6	58%	24%	17%
Óbidos	15001	179,1	184,0	201,6	93%	5%	2%
Paragominas	15017	4,2	8,5	50,9	31%	55%	14%
Parauapebas	15019	3,3	7,3	42,8	19%	61%	20%
Portel	15004	28,4	33,8	74,4	65%	33%	2%
Redenção	15021	1,4	4,8	41,1	22%	50%	28%
Salgado	15009	0,4	1,7	29,4	0%	74%	26%
Santarém	15002	69,3	73,5	120,5	77%	19%	4%
São Félix do Xingu	15018	79,1	85,1	150,4	84%	13%	3%
Tomé-Açu	15012	3,1	6,9	37,3	0%	83%	17%
Tucuruí	15016	2,2	6,1	51,7	30%	50%	20%

Tabela 30. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado da Paraíba.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Paraíba		0,6	2,2	17,1	0%	30%	70%
Brejo Paraibano	25015	0,1	1,1	13,0	0%	7%	93%
Cajazeiras	25002	0,5	1,9	16,2	0%	28%	72%
Campina Grande	25017	0,2	1,1	8,1	0%	0%	100%
Cariri Ocidental	25010	0,7	2,9	24,1	0%	56%	44%
Cariri Oriental	25011	0,6	2,6	21,1	0%	46%	54%
Catolé do Rocha	25001	0,3	1,4	16,9	0%	26%	74%
Curimataú Ocidental	25012	1,1	3,4	23,9	0%	61%	39%
Curimataú Oriental	25013	0,5	2,4	19,7	0%	41%	59%
Esperança	25014	0,2	1,6	12,5	0%	0%	100%
Guarabira	25016	0,1	0,9	15,6	0%	0%	100%
Itabaiana	25018	0,2	1,2	15,1	0%	6%	94%
Itaporanga	25006	0,3	2,4	18,7	0%	42%	58%
João Pessoa	25022	0,3	1,2	6,0	0%	0%	100%
Litoral Norte	25020	0,2	1,2	13,1	0%	3%	97%
Litoral Sul	25023	0,2	1,2	9,0	0%	0%	100%
Patos	25004	0,5	1,8	16,8	0%	25%	75%
Piancó	25005	1,2	3,0	17,5	0%	32%	68%
Sapé	25021	0,1	0,9	11,8	0%	0%	100%
Seridó Ocidental Paraibano	25008	0,4	2,1	16,4	0%	29%	71%
Seridó Oriental Paraibano	25009	0,8	2,6	13,5	0%	15%	85%
Serra do Teixeira	25007	0,8	3,3	30,6	0%	78%	22%
Sousa	25003	0,3	1,5	10,3	0%	6%	94%
Umbuzeiro	25019	0,9	2,9	19,4	0%	39%	61%

Tabela 31. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Paraná.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Paraná		0,3	2,0	22,7	0%	45%	55%
Apucarana	41010	0,1	0,9	12,2	0%	5%	95%
Assaí	41014	0,1	1,2	25,9	0%	52%	48%
Astorga	41006	0,1	0,9	15,1	0%	19%	81%
Campo Mourão	41005	0,1	1,3	23,8	0%	50%	50%
Capanema	41025	0,4	1,6	23,6	0%	55%	45%
Cascavel	41023	0,3	2,1	19,3	0%	32%	68%
Cerro Azul	41035	0,8	3,9	37,5	0%	82%	18%
Cianorte	41003	0,2	1,7	16,8	0%	27%	73%
Cornélio Procopio	41015	0,1	1,1	25,3	0%	67%	33%
Curitiba	41037	0,4	2,0	19,4	0%	32%	68%
Faxinal	41012	0,3	1,6	19,1	0%	46%	54%
Floraí	41008	0,1	0,9	20,9	0%	45%	55%
Foz do Iguaçu	41024	0,8	2,7	17,5	0%	31%	69%
Francisco Beltrão	41026	0,1	1,5	17,1	0%	27%	73%
Goioerê	41004	0,4	2,0	25,3	0%	57%	43%
Guarapuava	41029	0,4	2,9	21,5	0%	43%	57%
Ibaiti	41017	0,6	2,4	16,7	0%	21%	79%
Irati	41032	0,1	2,0	14,5	0%	13%	87%
Ivaiporã	41013	0,3	2,4	31,9	0%	76%	24%
Jacarezinho	41016	0,1	1,4	16,6	0%	19%	81%
Jaguariaíva	41020	0,3	2,6	24,1	0%	60%	40%
Lapa	41036	0,3	1,8	21,3	0%	45%	55%
Londrina	41011	0,1	0,6	17,2	0%	39%	61%
Maringá	41009	0,2	0,7	10,0	0%	3%	97%
Palmas	41030	0,6	3,5	33,3	0%	84%	16%
Paranaguá	41038	0,5	3,2	22,7	0%	31%	69%
Paranavaí	41001	0,1	1,2	24,4	1%	50%	49%
Pato Branco	41027	0,1	1,6	29,1	0%	71%	29%
Pitanga	41028	0,5	3,0	39,8	0%	87%	13%
Ponta Grossa	41021	0,3	2,1	23,2	0%	48%	53%
Porecatu	41007	0,2	1,1	16,4	0%	25%	75%
Prudentópolis	41031	0,3	2,2	23,0	0%	38%	62%
Rio Negro	41039	0,1	1,6	20,1	0%	48%	52%
São Mateus do Sul	41034	0,4	2,2	47,0	0%	100%	0%
Telêmaco Borba	41019	0,5	3,0	29,8	0%	68%	32%
Toledo	41022	0,2	1,4	16,1	0%	24%	76%
Umuarama	41002	0,2	2,0	21,9	0%	38%	62%
União da Vitória	41033	0,4	3,0	27,6	0%	47%	53%
Wenceslau Braz	41018	0,1	1,2	24,8	0%	71%	29%

Tabela 32. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Pernambuco.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Pernambuco		0,5	2,0	19,4	1%	30%	69%
Alto Capibaribe	26009	0,3	1,2	20,8	0%	37%	63%
Araripina	26001	0,5	2,4	31,1	7%	46%	46%
Brejo Pernambucano	26012	0,2	0,9	14,1	0%	10%	90%
Garanhuns	26011	0,2	1,3	14,9	0%	22%	78%
Itamaracá	26016	0,2	0,6	4,8	0%	0%	100%
Itaparica	26006	1,3	3,4	22,6	0%	44%	56%
Mata Meridional Pernambucana	26015	0,2	0,9	11,2	0%	5%	95%
Mata Setentrional Pernambucana	26013	0,1	0,7	8,1	0%	0%	100%
Médio Capibaribe	26010	0,1	0,7	12,6	0%	9%	91%
Pajeú	26003	0,3	1,7	17,5	0%	32%	68%
Petrolina	26005	0,7	2,6	23,8	4%	33%	63%
Recife	26017	0,0	0,2	3,0	0%	0%	100%
Salgueiro	26002	0,6	2,4	17,9	0%	31%	69%
Sertão do Moxotó	26004	0,5	2,2	19,7	0%	40%	60%
Suape	26018	0,2	0,8	6,8	0%	0%	100%
Vale do Ipanema	26007	0,4	1,7	18,7	0%	34%	66%
Vale do Ipojuca	26008	0,2	1,1	12,1	0%	9%	91%
Vitória de Santo Antão	26014	0,1	0,5	10,9	0%	0%	100%

Tabela 33. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Piauí.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Piauí		8,2	12,3	54,7	35%	44%	21%
Alto Médio Canindé	22015	3,7	6,5	54,7	35%	50%	15%
Alto Médio Gurguéia	22010	11,7	16,8	44,8	23%	49%	27%
Alto Parnaíba Piauiense	22007	34,5	43,2	103,0	89%	9%	2%
Baixo Parnaíba Piauiense	22001	0,6	2,7	24,7	0%	61%	39%
Bertolândia	22008	2,2	6,3	28,8	3%	60%	37%
Campo Maior	22004	2,7	5,6	86,0	83%	11%	6%
Chapadas do Extremo Sul Piauiense	22012	15,4	21,3	90,1	78%	20%	1%
Floriano	22009	3,0	6,7	37,5	6%	72%	22%
Litoral Piauiense	22002	1,8	4,7	24,2	0%	53%	47%
Médio Parnaíba Piauiense	22005	1,2	4,4	42,8	9%	80%	11%
Picos	22013	0,6	2,1	20,2	0%	40%	60%
Pio IX	22014	0,6	2,2	26,8	0%	53%	47%
São Raimundo Nonato	22011	11,5	18,0	51,9	24%	66%	11%
Teresina	22003	0,6	2,9	24,8	0%	53%	47%
Valença do Piauí	22006	6,5	9,9	54,5	38%	49%	13%

Tabela 34. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Rio de Janeiro.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Rio de Janeiro		0,2	1,2	13,9	0%	16%	84%
Bacia de São João	33009	0,6	2,0	10,9	0%	0%	100%
Baía da Ilha Grande	33013	0,6	2,8	16,5	0%	22%	78%
Barra do Pirai	33012	0,1	1,1	45,3	0%	100%	0%
Campos dos Goytacazes	33003	0,2	1,3	11,7	0%	7%	93%
Cantagalo-Cordeiro	33006	0,1	0,8	14,5	0%	0%	100%
Itaguaí	33017	0,1	0,8	21,5	0%	55%	45%
Itaperuna	33001	0,1	1,1	13,7	0%	20%	80%
Lagos	33010	0,1	0,9	7,8	0%	0%	100%
Macacu-Caceribu	33016	0,4	2,1	11,0	0%	0%	100%
Macaé	33004	0,2	1,1	8,3	0%	2%	98%
Nova Friburgo	33007	0,1	1,3	12,2	0%	0%	100%
Rio de Janeiro	33018	0,2	0,8	9,5	0%	8%	92%
Santa Maria Madalena	33008	0,2	1,6	11,8	0%	11%	89%
Santo Antônio de Pádua	33002	0,1	1,3	12,8	0%	5%	95%
Serrana	33015	0,1	0,8	7,0	0%	0%	100%
Três Rios	33005	0,1	1,0	17,5	0%	29%	71%
Vale do Paraíba Fluminense	33011	0,1	1,4	22,8	3%	45%	52%
Vassouras	33014	0,0	0,6	31,2	0%	88%	12%

Tabela 35. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Rio Grande do Norte.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Rio Grande do Norte		0,2	1,1	16,4	0%	27%	73%
Agreste Potiguar	24015	0,1	0,7	12,9	0%	5%	95%
Angicos	24009	0,3	1,2	23,0	0%	55%	45%
Baixa Verde	24013	0,2	0,9	12,8	0%	9%	91%
Borborema Potiguar	24014	0,3	1,2	20,3	0%	47%	54%
Chapada do Apodi	24002	0,3	1,2	12,8	0%	11%	89%
Litoral Nordeste	24016	0,2	0,9	13,1	0%	17%	83%
Litoral Sul	24019	0,2	1,2	13,0	0%	13%	88%
Macaíba	24017	0,1	0,5	8,6	0%	1%	99%
Macau	24008	0,3	1,3	11,0	0%	2%	98%
Médio Oeste	24003	0,4	1,5	27,4	0%	86%	14%
Mossoró	24001	0,2	1,0	9,4	0%	6%	94%
Natal	24018	0,0	0,3	3,2	0%	0%	100%
Pau dos Ferros	24006	0,2	0,8	18,0	0%	39%	61%
Seridó Ocidental	24011	0,2	0,9	18,1	0%	34%	66%
Seridó Oriental	24012	0,2	1,1	14,1	0%	18%	82%
Serra de Santana	24010	0,3	1,2	18,4	0%	27%	73%
Serra de São Miguel	24005	0,1	0,8	16,4	0%	17%	83%
Umarizal	24007	0,1	0,7	13,7	0%	12%	88%
Vale do Açu	24004	0,3	1,2	12,2	0%	3%	97%

Tabela 36. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado do Rio Grande do Sul.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Rio Grande do Sul		1,2	3,2	24,1	1%	47%	52%
Cachoeira do Sul	43022	1,4	3,8	20,3	0%	39%	61%
Camaquã	43028	0,3	1,5	21,5	0%	41%	59%
Campanha Central	43030	1,2	3,4	33,7	0%	72%	28%
Campanha Meridional	43031	2,0	4,5	33,6	0%	79%	21%
Campanha Ocidental	43029	0,7	2,2	22,5	0%	45%	55%
Carazinho	43009	0,5	2,2	15,0	0%	17%	83%
Caxias do Sul	43016	0,1	0,7	13,4	0%	10%	90%
Cerro Largo	43006	1,3	3,5	20,2	0%	42%	58%
Cruz Alta	43011	3,3	6,8	24,4	0%	49%	51%
Erechim	43004	0,3	1,8	21,2	0%	43%	57%
Frederico Westphalen	43003	0,3	2,3	24,9	0%	69%	31%
Gramado-Canela	43024	0,2	1,1	10,7	0%	4%	96%
Guaporé	43014	0,5	1,8	21,0	0%	47%	53%
Ijuí	43008	1,3	4,1	16,5	0%	18%	82%
Jaguarão	43034	1,6	3,3	24,7	0%	50%	50%
Lajeado-Estrela	43021	1,3	2,9	19,9	0%	39%	61%
Litoral Lagunar	43035	1,4	3,5	19,0	0%	34%	66%
Montenegro	43023	0,1	0,7	11,5	0%	7%	93%
Não-Me-Toque	43012	0,4	2,9	13,1	0%	11%	89%
Osório	43027	0,3	1,4	17,4	2%	21%	77%
Passo Fundo	43010	1,9	4,7	15,8	0%	22%	78%
Pelotas	43033	0,4	2,0	22,1	0%	45%	55%
Porto Alegre	43026	0,2	1,0	12,8	0%	13%	87%
Restinga Seca	43019	0,4	1,6	17,8	0%	33%	67%
Sananduva	43005	0,4	2,2	22,9	0%	50%	50%
Santa Cruz do Sul	43020	0,6	2,0	15,5	0%	23%	77%
Santa Maria	43018	0,4	2,0	17,3	0%	29%	71%
Santa Rosa	43001	0,8	2,7	22,1	0%	54%	46%
Santiago	43017	2,3	5,1	33,0	0%	79%	21%
Santo Ângelo	43007	3,5	7,2	25,3	0%	55%	45%
São Jerônimo	43025	0,2	1,2	18,4	0%	33%	67%
Serras de Sudeste	43032	1,1	3,8	34,0	0%	80%	20%
Soledade	43013	4,2	7,5	30,0	0%	76%	24%
Três Passos	43002	0,7	2,0	22,9	0%	58%	42%
Vacaria	43015	0,5	2,8	37,7	13%	60%	28%

Tabela 37. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Rondônia.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Rondônia		14,6	19,9	36,0	10%	49%	41%
Alvorada D'Oeste	11005	16,0	20,5	30,3	7%	46%	47%
Ariquemes	11003	8,7	14,1	30,1	6%	40%	54%
Cacoal	11006	6,9	11,0	23,8	1%	40%	59%
Colorado do Oeste	11008	12,5	17,3	34,6	11%	41%	48%
Guajará-Mirim	11002	29,0	34,2	45,5	23%	59%	18%
Ji-Paraná	11004	7,7	11,6	31,6	6%	31%	64%
Porto Velho	11001	13,9	20,0	35,4	6%	58%	36%
Vilhena	11007	15,0	21,0	48,4	19%	50%	32%

Tabela 38. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Santa Catarina.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Santa Catarina		0,4	2,1	20,7	2%	38%	60%
Araranguá	42020	0,4	1,7	25,8	2%	59%	39%
Blumenau	42012	0,1	1,4	12,0	0%	8%	92%
Campos de Lages	42010	0,9	3,6	29,0	8%	51%	42%
Canoinhas	42006	0,1	1,9	38,7	0%	92%	8%
Chapecó	42002	0,1	1,6	18,3	0%	32%	68%
Concórdia	42005	0,1	0,9	19,2	0%	38%	62%
Criciúma	42019	0,2	1,1	6,9	0%	1%	99%
Curitibanos	42009	0,3	2,4	17,3	0%	30%	70%
Florianópolis	42016	0,6	2,3	21,7	0%	54%	46%
Itajaí	42013	0,0	0,5	7,7	0%	0%	100%
Ituporanga	42014	0,1	1,7	14,9	0%	26%	74%
Joaçaba	42004	0,2	1,6	18,1	0%	30%	70%
Joinville	42008	0,1	1,2	11,6	0%	2%	98%
Rio do Sul	42011	0,1	1,3	17,8	0%	39%	61%
São Bento do Sul	42007	0,2	2,5	17,0	0%	13%	87%
São Miguel do Oeste	42001	0,7	2,0	20,4	0%	46%	54%
Tabuleiro	42017	2,0	5,3	30,6	0%	77%	23%
Tijucas	42015	0,1	1,3	16,5	0%	25%	75%
Tubarão	42018	0,5	1,5	16,5	0%	27%	73%
Xanxerê	42003	0,2	1,7	23,9	0%	60%	40%

Tabela 39. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de São Paulo.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
São Paulo		0,2	0,9	13,9	0%	15%	85%
Adamantina	35035	0,2	1,1	13,1	0%	6%	94%
Amparo	35033	0,0	0,3	8,4	0%	0%	100%
Andradina	35016	0,2	1,1	15,5	0%	24%	76%
Araçatuba	35017	0,2	1,0	19,3	0%	37%	63%
Araraquara	35024	0,1	0,7	11,5	0%	2%	98%
Assis	35039	0,1	1,0	18,2	0%	31%	69%
Auriflama	35006	0,1	0,8	15,9	0%	13%	87%
Avaré	35022	0,7	2,3	19,7	0%	31%	69%
Bananal	35052	0,7	2,9	39,3	5%	81%	14%
Barretos	35009	0,2	0,7	11,2	0%	3%	97%
Batatais	35015	0,1	0,7	14,8	0%	8%	92%
Bauru	35020	0,2	0,8	15,2	0%	21%	79%
Birigui	35018	0,1	0,7	14,0	0%	13%	87%
Botucatu	35023	0,1	0,7	12,3	0%	10%	90%
Bragança Paulista	35048	0,0	0,3	9,7	0%	8%	92%
Campinas	35032	0,0	0,4	6,2	0%	0%	100%
Campos do Jordão	35049	0,1	1,0	19,6	0%	25%	75%
Capão Bonito	35044	0,4	2,1	17,8	0%	27%	73%
Caraguatatuba	35054	0,2	1,7	13,5	0%	25%	75%
Catanduva	35005	0,1	0,5	11,3	0%	0%	100%
Dracena	35034	0,2	0,8	13,5	0%	15%	85%
Fernandópolis	35002	0,2	0,7	11,9	0%	4%	96%
Franca	35012	0,1	0,6	19,1	0%	39%	61%
Franco da Rocha	35058	0,0	0,3	5,5	0%	0%	100%
Guaratinguetá	35051	0,1	0,9	10,5	0%	11%	89%
Guarulhos	35059	0,0	0,3	5,5	0%	0%	100%
Itanhaém	35056	0,1	1,5	12,6	0%	13%	87%
Itapecerica da Serra	35060	0,1	1,1	17,3	0%	25%	75%
Itapetininga	35042	0,2	0,8	14,4	0%	20%	80%
Itapeva	35041	0,2	1,1	14,7	0%	14%	86%
Ituverava	35011	0,2	0,7	12,0	0%	7%	93%
Jaboticabal	35013	0,1	0,6	9,2	0%	0%	100%
Jales	35001	0,1	0,7	13,2	0%	10%	90%
Jaú	35021	0,2	0,7	11,5	0%	3%	97%
Jundiaí	35047	0,0	0,4	5,6	0%	0%	100%
Limeira	35027	0,1	0,4	7,8	0%	0%	100%
Lins	35019	0,2	0,9	13,7	0%	15%	85%
Marília	35038	0,1	0,7	15,0	0%	21%	79%
Mogi das Cruzes	35062	0,1	0,8	7,5	0%	0%	100%

Tabela 40. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de São Paulo (Continuação).

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
São Paulo		0,2	0,9	13,9	0%	15%	85%
Moji Mirim	35031	0,1	0,7	8,7	0%	0%	100%
Nhandeara	35007	0,1	0,4	11,4	0%	0%	100%
Novo Horizonte	35008	0,1	0,8	14,1	0%	17%	83%
Osasco	35057	0,0	0,5	4,4	0%	0%	100%
Ourinhos	35040	0,2	0,9	16,0	0%	26%	74%
Paraibuna/Paraitinga	35053	0,2	1,2	17,1	0%	27%	73%
Piedade	35045	0,4	1,8	21,9	0%	57%	43%
Piracicaba	35028	0,1	0,6	10,6	0%	4%	96%
Pirassununga	35029	0,1	0,7	13,7	0%	6%	94%
Presidente Prudente	35036	0,2	1,1	16,9	1%	17%	81%
Registro	35055	0,5	2,2	18,8	0%	35%	65%
Ribeirão Preto	35014	0,1	1,0	11,8	0%	6%	94%
Rio Claro	35026	0,1	0,6	13,0	0%	12%	88%
Santos	35063	0,2	1,6	5,5	0%	0%	100%
São Carlos	35025	0,2	0,9	12,9	0%	8%	92%
São João da Boa Vista	35030	0,1	0,4	14,8	0%	15%	85%
São Joaquim da Barra	35010	0,2	0,9	12,5	0%	3%	97%
São José do Rio Preto	35004	0,2	0,7	11,5	0%	5%	95%
São José dos Campos	35050	0,1	0,7	10,2	0%	8%	92%
São Paulo	35061	0,0	0,4	4,8	0%	0%	100%
Sorocaba	35046	0,0	0,4	8,7	0%	4%	96%
Tatuí	35043	0,1	0,4	11,3	0%	8%	92%
Tupã	35037	0,3	1,5	20,1	0%	43%	57%
Votuporanga	35003	0,2	0,9	11,2	0%	5%	95%

Tabela 41. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Sergipe.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Sergipe		0,3	1,6	16,0	0%	23%	77%
Agreste de Itabaiana	28004	0,2	1,3	8,4	0%	0%	100%
Agreste de Lagarto	28006	0,3	1,4	13,5	0%	4%	96%
Aracaju	28011	0,1	0,8	6,6	0%	0%	100%
Baixo Cotinguiba	28010	0,1	0,7	6,2	0%	0%	100%
Boquim	28012	0,3	1,9	16,2	0%	29%	71%
Carira	28002	0,4	2,6	24,1	2%	37%	61%
Cotinguiba	28008	0,2	1,1	7,5	0%	0%	100%
Estância	28013	0,2	1,0	12,2	0%	7%	93%
Japaratuba	28009	0,4	1,7	15,0	0%	16%	84%
Nossa Senhora das Dores	28003	0,5	2,0	9,6	0%	0%	100%
Propriá	28007	0,3	1,3	11,8	0%	14%	86%
Sergipana do Sertão do São Francisco	28001	0,5	2,0	21,9	0%	49%	51%
Tobias Barreto	28005	0,3	1,8	26,8	0%	54%	46%

Tabela 42. Anexo. Distância (km) mínima (Dn), média (Dd) e máxima (Dx) da rede trifásica e participação (%) do índice de qualidade (CQe) dos segmentos de baixa (SBT), média (SMT) e alta (SAT) tensão para diferentes microrregiões, com os correspondentes códigos IBGE (C), no estado de Tocantins.

Microrregião	C	Dn	Dd	Dx	SBT	SMT	SAT
Tocantins		3,4	6,9	56,5	34%	47%	19%
Araguaína	17002	1,1	3,8	41,6	23%	50%	27%
Bico do Papagaio	17001	1,2	4,1	28,1	10%	36%	54%
Dianópolis	17008	3,3	7,1	42,8	14%	73%	13%
Gurupi	17005	1,4	3,7	29,8	5%	56%	39%
Jalapão	17007	6,2	10,3	98,9	79%	19%	1%
Miracema do Tocantins	17003	1,0	4,3	73,8	58%	29%	13%
Porto Nacional	17006	1,2	3,8	34,4	5%	67%	28%
Rio Formoso	17004	5,1	9,9	57,2	35%	54%	11%