



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

JOSÉ OTACILIO DE ASSIS JÚNIOR

**MODELAGEM DA PRECIFICAÇÃO DE IMÓVEIS RURAIS NO ESTADO DO
CEARÁ, BRASIL**

FORTALEZA

2023

JOSÉ OTACILIO DE ASSIS JÚNIOR

MODELAGEM DA PRECIFICAÇÃO DE IMÓVEIS RURAIS NO ESTADO DO CEARÁ,
BRASIL

Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido.

Orientador: Carlos Alexandre Gomes Costa

Coorientador: Pedro Henrique Augusto Medeiros

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A865m Assis Júnior, José Otacilio de.
Modelagem da precificação de imóveis rurais no estado do Ceará, Brasil / José Otacilio de Assis Júnior.
– 2023.
129 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Carlos Alexandre Gomes Costa.
Coorientação: Prof. Dr. Pedro Henrique Augusto Medeiros .
1. Reservatórios superficiais. 2. Modelo NeStRes. 3. Valor da terra nua. 4. Valorização de propriedades.
5. Avaliação de imóveis rurais. I. Título.

CDD 630

JOSÉ OTACILIO DE ASSIS JÚNIOR

MODELAGEM DA PRECIFICAÇÃO DE IMÓVEIS RURAIS NO ESTADO DO CEARÁ,
BRASIL

Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido.

Aprovada em 06/11/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Alexandre Gomes Costa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dra. Adriana Correa-Guimarães
Universidad de Valladolid (UVa – Espanha)

Prof. Dr. Luis César de Aquino Lemos Filho
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Prof. Dr. Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima
Secretária de Desenvolvimento Econômico do Ceará (SDE)

Prof^ª. Dra. Patrícia Veronica Pinheiro Sales Lima
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Pedro Henrique Augusto Medeiros (Coorientador)
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará pela extraordinária contribuição na minha formação profissional desde a graduação até o doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFC e a todo o seu quadro de professores e servidores sempre engajados no desenvolvimento da melhor pesquisa possível.

Ao Programa Cientista-chefe em Agricultura (Convênio 14/2022 SDE/ADECE/FUNCAP e Processo 08126425/2020/FUNCAP) pelo apoio financeiro fornecido para esta pesquisa

Ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária pelo fornecimento dos dados, que sem eles, a pesquisa não existiria.

Aos meus orientadores Carlos Alexandre e Pedro Medeiros, que sem a ajuda, ensinamento, colaboração, paciência e sapiência deles, certamente, o trabalho não seria concluído.

À professora Patrícia Verônica, que foi um agente de Deus enviado para a colaboração e engrandecimento da nossa Tese. Muito a agradecer também ao professor Assis Júnior pelos ensinamentos na disciplina de Metodologia Científica.

Em especial, ao meu amigo e irmão, Luis César, que me ajuda e me apoia desde os primeiros passos rumo ao título de Doutor.

Aos amigos: Simão Pedro e Romeu Leal por terem contribuído diretamente na execução dos trabalhos; Fernando Frota por disponibilizar a fazenda para execução da pesquisa; Eduardo Neto pela sabedoria das palavras que me ajudou a vencer o desafio da falta de tempo; Paulo Gleisson pelo companheirismo durante toda caminhada; e Fernando Manaces e Rodrigo Freitas pela irmandade durante toda a vida.

A minha amada mãe por mesmo em toda a dificuldade sempre fez mais do que o que podia para proporcionar aos três filhos possibilidade de estudo com qualidade.

A minha esposa e filhos por todo amor e compreensão pelas ausências e faltas durante todo esse período de construção da Tese.

Por fim, a DEUS, pela força interior de conseguir concluir um trabalho de doutorado sem a disponibilidade de tempo para uma dedicação exclusiva.

RESUMO

A precificação de imóveis rurais é uma tarefa muito delicada, pois a formação do preço de uma propriedade envolve diversos fatores que influenciam no seu valor de mercado. Além disso, é uma atividade ainda pouco explorada do ponto de vista multivariado, a forma como a variável disponibilidade de recursos hídricos influencia o valor da terra é ignorada e há necessidade de entender uma hierarquização dos fatores que mais explicam o valor da terra nua. Nesta perspectiva, dividiu-se o trabalho de tese em dois capítulos: “Influência hidrológica na precificação de imóveis rurais no semiárido brasileiro: o caso do estado do Ceará” e o segundo “Efeito da operação de irrigação em reservatórios não estratégicos na valorização de imóveis rurais: o caso da Fazenda Oriente-Ceará”. Os dados utilizados neste estudo são oficiais e advindos de pesquisa de preço realizada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA no ano 2020. O primeiro capítulo teve como objetivo identificar como as variáveis: tipologia de uso do solo, potencial de irrigação, precipitação, tipo de exploração, localização do imóvel e tamanho da propriedade influenciam na formação do preço de terras rurais no Estado do Ceará e gerou-se um modelo para estimar o valor da terra nua. Pelos resultados, percebeu-se que a análise das variáveis que influenciam no preço de um imóvel rural deve ser feita levando em consideração a interação com as demais variáveis e que para o Estado do Ceará, o potencial de irrigação é um fator fundamental para a valorização dos imóveis rurais e está diretamente associado aos melhores solos e a prática da agricultura. Além disso, o modelo multivariado estimado foi testado, por meio de 123 imóveis de diferentes tipologias, e obteve-se sempre valores acima de 75% dos imóveis testados dentro do intervalo de confiança, o que confere confiabilidade ao modelo gerado. No segundo capítulo, objetivou-se entender como, a disponibilidade hídrica utilizada para irrigação pelo modelo NeStRes, é uma variável que pode ser importante para a valorização de imóveis rurais e para produção de forragem. Um estudo de caso foi realizado na Fazenda Oriente com área de cerca de 600 ha, localizada no município de Forquilha – CE, em uma região de caatinga com interferência antrópica no semiárido do Nordeste brasileiro, caracterizada por precipitação média em torno de 600 mm/ano a evapotranspiração potencial de aproximadamente 2.500 mm/ano. Concluiu-se que a presença de açude, sem uso direcionado para a irrigação, não é suficiente para valorizar um imóvel rural. E que além da viabilidade agrônômica e econômica para irrigação utilizando-se do modelo NeStRes, foi conferida considerável valorização no preço da terra da Fazenda Oriente com a utilização da água dos reservatórios para irrigação de forma racional, sustentável e inteligente. O trabalho trouxe contribuições com informações relevantes sobre as variáveis que influenciam

diretamente no preço de propriedades rurais no estado do Ceará, que poderá servir de apoio aos diferentes agentes de mercado (pessoas físicas, instituições bancárias e entes públicos) para tomada de decisão no momento de transacionar uma propriedade rural.

Palavras-chave: reservatórios superficiais; modelo NeStRes; valor da terra nua (VTN); valorização de propriedades; avaliação de imóveis rurais.

ABSTRACT

Pricing rural properties is a very delicate task, as setting the price of a property involves several factors that influence its market value. Furthermore, it is an activity that is still little explored from a multivariate point of view, the way in which the variable availability of water resources influences the value of land is ignored and there is a need to understand a hierarchy of factors that most explain the value of bare land. From this perspective, the thesis work was divided into two chapters: “Hydrological influence on the pricing of rural properties in the Brazilian semi-arid region: the case of the state of Ceará” and the second “Effect of the operation of non-strategic reservoirs, for irrigation, on the valuation of rural properties: The case of the Oriente / Forquilha farm – Ceará”. The data used in this study are official and secondary, coming from price research carried out by the National Institute of Colonization and Agrarian Reform – INCRA in 2020. The first chapter aimed to identify how the variables: land use typology, irrigation potential, precipitation, type of exploration, location of the property and size of the property influence the formation of the price of rural land in the State of Ceará and a model was generated to estimate the value of bare land. From the results, it was clear that the analysis of the variables that influence the price of a rural property must be carried out taking into account the interaction with other variables and that for the State of Ceará, the irrigation potential is a fundamental factor for appreciation of rural properties and is directly associated with the best soils and the practice of agriculture. Furthermore, the estimated multivariate model was tested using 123 properties of different types, and always obtained values above 75% of the properties tested within the confidence interval. In the second, the objective was to understand how the water availability used for irrigation by the NeStRes model is a variable that can be important for the appreciation of rural properties and forage production. A case study was carried out at Fazenda Oriente with an area of 600 ha, located in the municipality of Forquilha – CE, in a caatinga region in the semi-arid region of Northeastern Brazil, characterized by average precipitation much lower than potential evapotranspiration. It was concluded that: just the presence of a dam is not enough to increase the value of a rural property; there is agronomic and economic viability for irrigation using the NeStRes model; and Fazenda Oriente increases in value if irrigation is used. The work brought contributions with relevant information on the variables that directly influence the price of rural properties in the state of Ceará, which could serve as support for different market agents (individuals, banking institutions and public entities) for decision-making at the time of transact a rural property.

Keywords: surface reservoirs; NeStRes model; bare land value (VTN); property valuation; rural property valuation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	12
2	QUESTÕES CIENTÍFICAS	13
3	HIPÓTESES	144
4	OBJETIVOS	155
4.1	Objetivo geral	155
4.2	Objetivos específicos.....	155
5	INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS NA PRECIFICAÇÃO DE IMÓVEIS RURAIS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: O CASO DO ESTADO DO CEARÁ	16
5.1	Introdução.....	188
5.2	Material e métodos	20
5.2.1	Área de Estudo.....	20
5.2.2	Amostragem e processamento dos dados e pesquisa de preço de terras.....	211
5.2.3	Definição das tipologias de uso do solo.....	23
5.2.4	Cálculo do valor da terra nua	255
5.2.5	Descrição das variáveis que influenciam no valor da terra nua na região do estudo	26
5.2.6	Análise estatística	28
5.3	Resultados	32
5.3.1	Análise da amostra populacional e unidade amostral dos negócios realizados.....	32
5.3.1.1	Análise da amostra de negócios realizados	32
5.3.1.2	Análise bivariada dos dados	33
5.3.2	Análise multivariada dos dados	40
5.3.3	Verificação da qualidade do modelo.....	433
5.4	Discussão	45
5.4.1	Variáveis relacionadas às características não produtivas dos imóveis.....	45
5.4.2	Variáveis relacionadas às características produtivas dos imóveis.....	47
5.4.3	Análise de regressão.....	51
5.4.4	Demanda por energia limpa como possível fator de valorização de imóveis rurais	52
5.5	Conclusões.....	54
6	EFEITO DA OPERAÇÃO DE IRRIGAÇÃO EM RESERVATÓRIOS NÃO ESTRATÉGICOS NA VALORIZAÇÃO DE IMÓVEIS RUAIS: O CASO DA FAZENDA ORIENTE-CEARÁ	55
6.1	Introdução.....	57
6.2	Material e Métodos.....	60
6.2.1	Considerações gerais.....	60
6.2.2	Influência de açudes na valorização de imóveis rurais	61
6.2.3	Aplicação do modelo NeStRes na fazenda Oriente	61
6.2.4	Avaliações do valor da terra nua da fazenda Oriente.....	68

6.3	Resultados	75
6.3.1	<i>Influência de açudes na valorização de imóveis rurais</i>	75
6.3.2	<i>Renda otimizada da fazenda Oriente advinda da irrigação pelo modelo NeStRes e análise dos parâmetros agronômicos para produção do Sorgo</i>	76
6.3.3	<i>Avaliação da fazenda Oriente</i>	81
6.4	Discussão	88
6.4.1	<i>Influência de açudes na valorização de imóveis rurais no Ceará</i>	88
6.4.2	<i>Produtividade e renda líquida da fazenda Oriente advinda da irrigação pelo modelo NeStRes</i>	89
6.4.3	<i>Avaliação da fazenda Oriente</i>	93
6.5	Conclusões	97
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
	REFERÊNCIAS	99
	APÊNDICE A - RESUMO DO MODELO PELO MÉTODO POR ETAPAS COM AMOSTRA COMPLETA E USANDO APENAS OS NEGÓCIOS REALIZADOS	110
	APÊNDICE B - MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA AS SEGUINTE ANÁLISES DE CORRESPONDÊNCIAS: POTENCIAL DE IRRIGAÇÃO / TIPO DE EXPLORAÇÃO; POTENCIAL DE IRRIGAÇÃO / TIPOLOGIA DE USO DOS SOLOS; E TIPO DE EXPLORAÇÃO / TIPOLOGIA DE USO DOS SOLOS	112
	APÊNDICE C – VARIÁVEIS DERIVADAS DO MODELO	115
	APÊNDICE D – VERIFICAÇÃO DOS PRESSUPOSTOS DO MODELO	118
	APÊNDICE E – FATORES PARA DETERMINAÇÃO DAS CLASSES DE USO DA TERRA ADAPTADO DE KZOMA (1984)	120
	APÊNDICE F – CÁLCULO DA NOTA AGRONÔMICA DOS IMÓVEIS QUE COMPÕEM A AMOSTRA DA AVALIAÇÃO NA PERSPECTIVA DE SEQUEIRO	122
	APÊNDICE G – CÁLCULO DA NOTA AGRONÔMICA DOS IMÓVEIS QUE COMPÕEM A AMOSTRA DA AVALIAÇÃO NA PERSPECTIVA IRRIGADA	127
	APÊNDICE H – ANÁLISE DE SOLOS	129
	APÊNDICE I – ANÁLISE DE ÁGUA	130
	APÊNDICE J – CÁLCULO DO CUSTO DE PRODUÇÃO	131

1 INTRODUÇÃO GERAL

A determinação adequada do valor de mercado, para um imóvel específico ou uma determinada região, é de fundamental importância tanto para as transações entre particulares, como para as transações envolvendo instituições financeiras e o poder público, tendo em vista que, uma maior segurança na determinação do preço de uma propriedade acarreta uma maior confiabilidade entre as partes envolvidas no negócio, no momento de transacionar um imóvel.

A precificação de imóveis rurais é uma tarefa muito delicada, pois a formação do preço de uma propriedade envolve diversos fatores que influenciam no seu valor de mercado. Do ponto de vista metodológico, a precificação das terras ainda não se encontra definitivamente modelada, sendo tratada geralmente em uma perspectiva que não contempla uma abordagem multivariada. Além disso, não há clareza sobre como a variável disponibilidade de recursos hídricos influencia o valor da terra nem uma hierarquização dos fatores que mais explicam este valor.

A definição de preços de terras rurais para o estado do Ceará é bastante complexa, tendo em vista que se trata de uma área extensa (148.886,3 km²), possui uma heterogeneidade em relação aos tipos de solos e apesar de ter o clima predominantemente Tropical Quente Semiárido, há outros quatro tipos climáticos (Tropical Quente Semiárido-Brando, Tropical Quente Subúmido, Tropical Quente Úmido e Tropical Subquente Subúmido) com imóveis de características distintas aos encontrados nas áreas de clima Tropical Quente Semiárido. Além disso, o Ceará possui áreas de perímetros irrigados que proporcionam a prática da agricultura irrigada durante todo o ano, influenciando diretamente no valor dessas terras.

Entender quais variáveis influenciam no preço de imóveis rurais e na dinâmica de interação entre elas é de fundamental importância para entender o mercado de terras local. Nessa perspectiva, trabalhou-se, individualmente e por meio de interação, com as variáveis que podem influenciar no preço de terras: tipologia de uso do solo, potencial de irrigação, precipitação, tipo de exploração, localização do imóvel e tamanho da propriedade.

Os dados utilizados foram extraídos de pesquisa de preço realizada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA no ano 2020, com uma amostra de 465 propriedades. Como proxy do preço da terra trabalhou-se com o valor da terra nua (VTN). Os resultados gerados foram desde uma abrangência a nível estadual como em um estudo de caso numa propriedade específica. A seguir demonstraremos os resultados do trabalho que visam contribuir com o preenchimento de parte da lacuna na literatura no que diz respeito ao mercado de terras no estado do Ceará.

2 QUESTÕES CIENTÍFICAS

A partir da pergunta cerne: “Como a disponibilidade hídrica pode influenciar na valorização de imóveis rurais?”, iremos avaliar as seguintes questões:

- a) As variáveis tipologia de uso do solo, potencial de irrigação, precipitação, tipo de exploração, localização do imóvel e tamanho da propriedade influenciam na formação do preço de terras rurais no Estado do Ceará?
- b) A presença de açudes, sem o devido uso da sua água, é suficiente para valorizar uma propriedade rural?
- c) Qual o efeito do cultivo agrícola do Sorgo na maximização da renda com uso do modelo de operação de reservatórios não estratégicos para irrigação – NeStRes?
- d) O uso da irrigação com uso de pequenos açudes e otimizados pelo modelo NeStRes é capaz de proporcionar a valorização de uma propriedade rural?

3 HIPÓTESES

As hipóteses do presente estudo, que visam responder as questões científicas, são as seguintes:

- a) As variáveis tipologia de uso do solo, potencial de irrigação, precipitação, tipo de exploração, localização do imóvel e tamanho da propriedade influenciam na formação do preço de terras rurais no Estado do Ceará;
- b) Apenas a presença de açudes não é suficiente para valorizar uma propriedade rural;
- c) Há viabilidade econômica e agrônômica para o cultivo do Sorgo irrigado com uso do modelo NeStRes; e
- d) A irrigação pelo modelo NeStRes é capaz de proporcionar a valorização de uma propriedade rural.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Avaliar as variáveis que influenciam na precificação de imóveis rurais no Ceará e suas respectivas interações, fornecendo aos diferentes agentes de mercado, (pessoas físicas, instituições bancárias e entes públicos) mais subsídios para tomada de decisão no momento de transacionar uma propriedade rural.

4.2 Objetivos específicos

- a) Definir um modelo multivariado que possa auxiliar os agentes de mercado a estimarem o valor de terra nua para propriedades rurais no Ceará;
- b) Quantificar qual a renda maximizada da fazenda Oriente com a exploração de sorgo irrigado por meio do modelo NeStRes; e
- c) Definir qual a valorização de mercado da fazenda Oriente em caso de irrigação com a utilização da disponibilidade hídrica dos açudes não estratégicos.

5 INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS NA PRECIFICAÇÃO DE IMÓVEIS RURAIS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: O CASO DO ESTADO DO CEARÁ

Resumo: A precificação de imóveis rurais é uma atividade ainda pouco explorada do ponto de vista multivariado, além de não haver clareza sobre como a variável disponibilidade de recursos hídricos influencia no valor da terra e falta hierarquia dos fatores que mais explicam esse valor. O presente trabalho tem como objetivo identificar como as variáveis: tipologia de uso do solo, potencial de irrigação, precipitação, tipo de exploração, localização do imóvel e tamanho da propriedade influenciam na formação do preço de terras rurais no Estado do Ceará, localizado na região Nordeste do Brasil, e definir um modelo para a estimar o valor da terra nua. Os dados utilizados foram extraídos de pesquisa de preço realizada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA no ano 2020, com uma amostra de 465 propriedades. Como proxy do preço da terra trabalhou-se com o valor da terra nua (VTN). A análise das variáveis que influenciam no preço de um imóvel rural adotou uma abordagem multivariada respeitando a interação entre as variáveis. Detectou-se que para o Estado do Ceará, o potencial de irrigação é um fator fundamental para a valorização dos imóveis rurais e está diretamente associado aos melhores solos e a prática da agricultura. O modelo multivariado estimado foi testado, por meio de 123 imóveis de diferentes tipologias, e obteve-se sempre valores acima de 75% dos imóveis testados dentro do intervalo de confiança.

Palavras-chave: valorização de propriedades; avaliação de imóveis rurais; valor da terra nua (VTN).

Abstract: The pricing of rural properties is an activity that is still little explored from a multivariate point of view, in addition to there being no clarity on how the variable availability of water resources influences the value of land and there is a lack of hierarchy of the factors that most explain this value. The present work aims to identify how the formation of the price of rural land in the semiarid region in northeastern Brazil is influenced by typology of land use, type of exploration, location and size of the property, as well as precipitation and potential for irrigation. From the identification of correlations, it was possible to define a model for predicting the value of bare land. The data used were extracted from a price survey carried out by the National Institute of Colonization and Agrarian Reform – INCRA in 2020, with a sample of 465 properties. As a proxy for land prices, the value of bare land (VTN) was used. The analysis of the variables that influence the price of a rural property adopted a multivariate approach respecting the interaction between the variables. It was also assumed that for the State

of Ceará, where the study was conducted, the irrigation potential is a fundamental factor for the appreciation of rural properties and is directly associated with better soils and the practice of agriculture. The estimated multivariate model was tested, using 123 properties of different typologies, and values above 75% of the properties tested were always obtained within the confidence interval.

Keywords: property appreciation rural property valuation; bare land value.

5.1 INTRODUÇÃO

A confiabilidade e a estimativa adequada do valor de mercado, para um imóvel específico ou uma determinada região, é de fundamental importância tanto para as transações comerciais entre particulares, como para as transações envolvendo instituições financeiras e o poder público. Nesse sentido, o estudo seminal de Chryst (1965), que trata sobre o “paradoxo do preço da terra”, é um dos marcos históricos para o entendimento das variáveis que ocasiona uma elevação do preço da terra acima dos ganhos produtivos. No Brasil, o estudo de Reydon (1984) é um dos primeiros a tratar a valorização da terra como uma forma de acumulação de capital e decorrente, muitas vezes, de processos especulativos. Porém, as questões agronômicas que impactam no valor de uma propriedade ainda precisam ser aprofundadas em maior análise e compreensão.

Estudos como o de Lima (2005) e o de Silva (2016), revelam que a precificação da terra no Brasil, geralmente, é apoiada em tabelas de cálculo baseadas em notas agronômicas que levam em conta apenas as características do solo e a situação da propriedade (localização e acesso) ainda com certo grau de empirismo e incertezas. Características locais como condições climáticas, tipo de exploração e potencial de irrigação, muitas vezes não são incorporadas nas abordagens metodológicas. Porém, essas características são fundamentais, especialmente porque podem desempenhar um papel importante em regiões com particularidades bem definidas onde recursos naturais como a água são limitantes para a produção agrícola, como é o caso do semiárido brasileiro. A região do estudo está hegemonicamente localizada no bioma Caatinga, que é encontrado exclusivamente no Brasil e se caracteriza por apresentar uma biodiversidade adaptada às altas temperaturas e a escassez hídrica (EMBRAPA, 2022). Com longos e recorrentes períodos de seca, a produção agrícola permanente depende do uso da irrigação para garantir sua continuidade.

A identificação de como a variável disponibilidade hídrica influencia no valor da terra bem como uma hierarquização dos demais fatores influenciadores desse valor é de fundamental importância para o entendimento do mercado de imóveis rurais, principalmente, ante a escassez de recursos hídricos e as projeções de aumento na frequência e intensidade das secas na região (BRITO *et al.*, 2018; De NYS *et al.*, 2016; MARENCO *et al.*, 2022).

O conjunto de variáveis que possuem influência sobre a precificação de um imóvel pode variar de uma região para outra, mas, a partir de uma abordagem mais ampla, podemos dividir em dois grandes grupos: i) variáveis ligadas aos aspectos que influenciam na produtividade do imóvel; ii) variáveis relacionadas às características não produtivas. Para Telles (2018), Sklenicka *et al.*, (2013), Awasthi (2005) e Drescher *et al.*, (2001) os preços das

terras agrícolas podem ser determinados por fatores produtivos e especulativos. Bacha (2004) afirma que as variáveis relacionadas às características produtivas do imóvel possuem mais influência sobre o preço da terra do que as vinculadas à especulação e ambiente econômico.

O tipo de uso da terra também influencia no seu valor (ZRÓBEK, 2020; ZRÓBEK, SOKOLNIK *et al.*, 2017; HELBING *et al.*, 2017). Para Telles (2022), Meissner e Musshoff (2022) e Guadalajara *et al.*, (2019) a qualidade do solo é um fator que influencia diretamente na valorização de uma propriedade. As características climáticas são outros fatores que podem explicar a valorização de terras frente a outras regiões com características diferentes (SEIFERT *et al.*, 2020; WANG, 2018; FOSTER *et al.*, 2016; LI X, 2016). Lima (2015), Uematso *et al.*, (2013) e Gaballer *et al.*, (2002) afirmam que a disponibilidade hídrica é um fator com potencial para aumentar o valor das propriedades rurais, o que foi confirmado por Sekác *et al.*, (2017), que argumentam que a proximidade dos rios é uma variável que influencia a valoração de uma propriedade rural.

Em relação as variáveis relacionadas às características não produtivas, a localização é um fator que influencia no valor de uma fazenda (KOWALCZYK *et al.*, 2019; DRABIK e RAJČÁNIOVÁ, 2014; CALATRAVA e CAÑERO, 2000). De acordo com Czyzewski *et al.*, (2017), a distância de um imóvel para a cidade está entre os fatores quantitativos que mais influenciam no preço de uma propriedade rural, o tamanho da parcela também é um fator de valorização de imóveis rurais (RITTER *et al.*, 2020; BORCHERS *et al.*, 2014; MA e SWINTON, 2012).

Apesar destes estudos que auxiliam na construção de modelos para o mercado de terras, há que considerar que os mercados de imóveis rurais são dinâmicos no tempo e no espaço, de modo que as relações verificadas em uma região e em determinada época podem não ser significativas em outros espaços geográficos e períodos. Portanto, existe uma lacuna metodológica nesta abordagem da precificação de imóveis rurais.

Portanto, objetivou-se desenvolver um modelo multivariado para estimar a precificação de imóveis rurais e avaliar a contribuição das variáveis ligadas aos aspectos que influenciam na produtividade do imóvel e das variáveis relacionadas às características não produtivas.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende o estado do Ceará (Figura 1), localizado no semiárido Nordeste do Brasil, com uma área de 148.886 km², equivalente a cerca de 10% daquela região e 2% da área do país. Foram considerados no escopo deste trabalho, imóveis localizados em todas as regiões do estado, exceto a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), onde a maioria dos imóveis apresenta características urbanas ou de transição rural/urbano. Esta região se caracteriza por está localizada a capital do estado, sendo bastante industrializada, com comércio muito forte, um total de 65% PIB do Ceará e cerca de 43% da população.

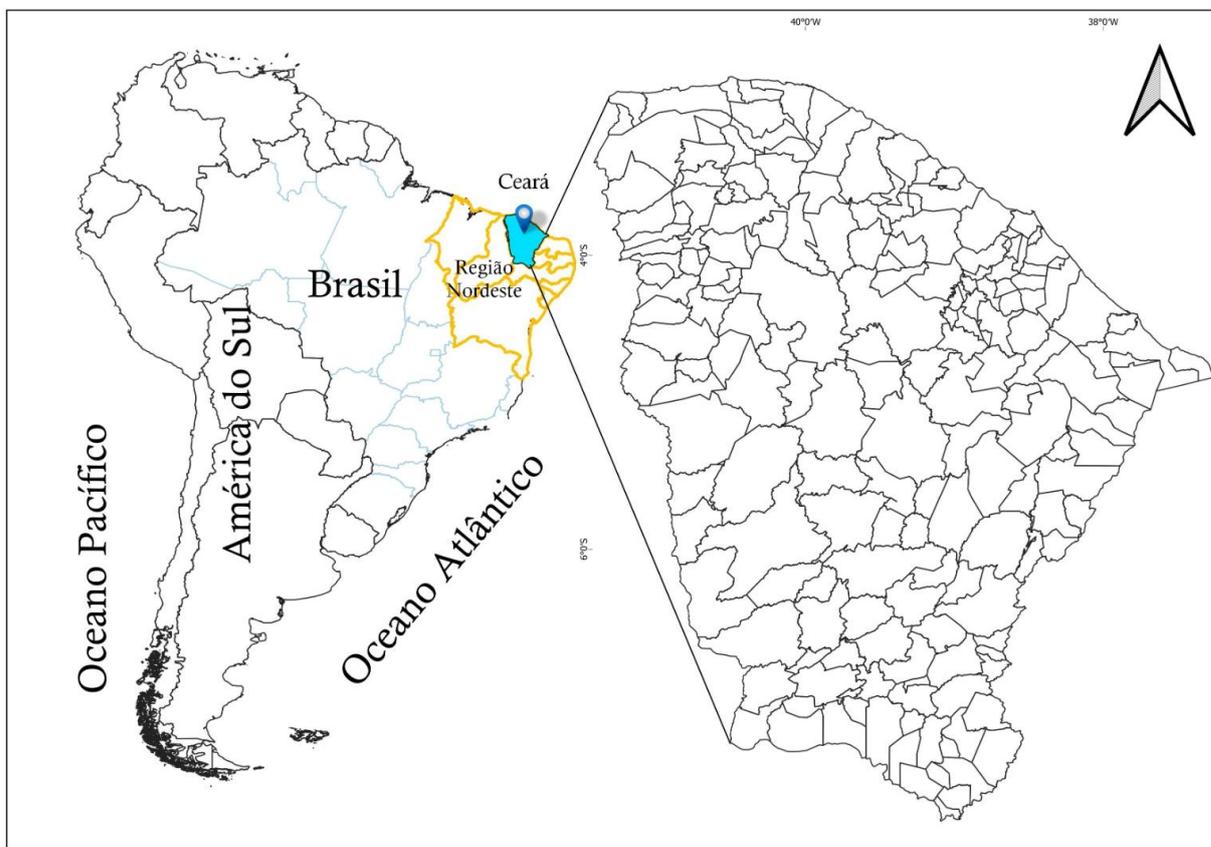


Figura 1. Localização da área de estudo.

Mesmo que sua extensão seja predominantemente no semiárido, o Ceará possui uma produção expressiva de frutas irrigadas: em 2021, o Ceará foi o terceiro maior exportador de frutas do Brasil, e apenas no segmento de frutas frescas exportou mais de US\$ 80 milhões em 2021, um crescimento de 15% em relação ao ano anterior (CEARÁ, 2022). Dentre as características climáticas, destaca-se a distribuição irregular das chuvas ao longo do ano, concentradas principalmente entre os meses de fevereiro e maio. A precipitação excede 1.000 mm por ano na costa e nas regiões montanhosas e pode chegar a 500 mm por ano no interior.

As três ordens de solos de maior incidência são os Neossolos, Luvisolos e Argissolos, sendo que os Luvisolos e os Neossolos Litólicos são pouco profundos e muito suscetíveis à erosão; os Neossolos Quartzarênicos e os Neossolos Regolíticos apresentam textura muito grosseira, refletindo-se em altas taxas de infiltração, baixa retenção de umidade e baixa fertilidade.

5.2.2 Amostragem e processamento dos dados e pesquisa de preço de terras

Os dados utilizados neste estudo são oficiais e advindos de pesquisa de preço realizada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA no ano 2020. A coleta de dados aconteceu no segundo semestre de 2020 e foram considerados os negócios realizados no período de até três anos anteriores à data da pesquisa, ou seja, agosto de 2017. Para correção dos valores monetários utilizou-se o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA - base outubro de 2021) que de acordo com Lourenço (2002) é o índice utilizado para medição da inflação do Brasil.

A coleta de informações sobre as características dos imóveis transacionados e ofertados foi realizada por meio de trabalho de campo com entrevista, preenchimento da ficha de pesquisa de preço e visita in loco, pelos peritos federais agrários do INCRA, a todos os imóveis pesquisados, com o objetivo de observar o estado de conservação das benfeitorias e demarcar a localização geográfica para medir a distância até o centro urbano do município e para delimitar seu perímetro que serviu de base para a classificação quanto à tipologia de uso. Ao todo, foram coletados 465 dados distribuídos por 114 municípios localizados em todas as regiões geográficas do Estado, há exceção da RMF, sendo 337 de imóveis que já foram transacionados e 128 de imóveis que estão ofertados para venda (Figura 2).

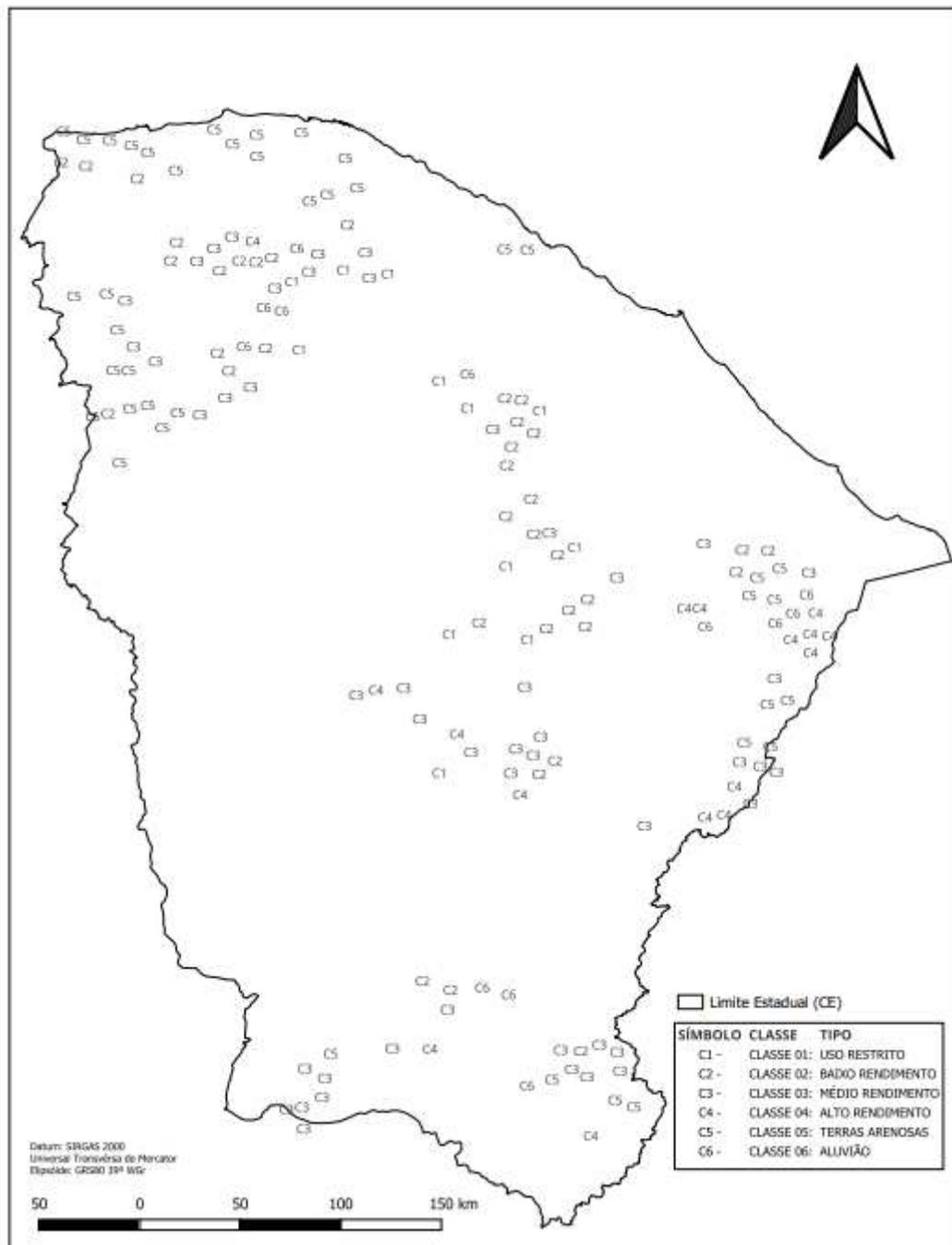


Figura 2 – Localização das unidades amostrais

A ficha de pesquisa de preço contém as seguintes informações: nome da propriedade, município de localização, área, valor de venda ou oferta, data do negócio realizado, descrição da localização, tipo de tipologia de uso, nome do vendedor e comprador, descrição e caracterização das benfeitorias, das culturas plantadas e da disponibilidade hídrica.

A NBR 14653-3 (ABNT, 2019), norma brasileira que regulamenta a avaliação de imóveis rurais no Brasil, considera que quando se tem amostras com imóveis ofertados e

transacionados, deve-se aplicar o Fator Fonte para definir o valor da terra nua (VTN) (Equação 01).

$$VTN = \left[\frac{(\sum VTNNR)}{\frac{NNR}{(\sum VTNOF)}} \right] X VTNO \quad (01)$$

Em que: $\sum(VTNNR)$ = Somatório do valor da terra nua dos imóveis transacionados; $\sum(VTNOF)$ = Somatório do valor da terra nua dos imóveis ofertados; NNR = Número de negócios realizados; NOF = Número de imóveis ofertados; VTN = Valor da terra nua; VTNO = Valor da terra nua observado.

5.2.3 Definição das tipologias de uso do solo

Detalhou-se para todas as amostras as informações relacionadas à exploração atualmente desenvolvida, às características edáficas, ao potencial de irrigação, bem como aquelas relacionadas à localização, com as coordenadas geográficas e a descrição analítica da localização do imóvel. Com as coordenadas levantadas em campo, realizou-se a localização dos imóveis com uso do software QGIS.

Com os imóveis georreferenciados, deu-se início à etapa de definição das tipologias de uso do solo. Essas, foram definidas de acordo com a interação entre as características de uso e a predominância de ordem de solos nos imóveis pesquisados, conforme o sistema brasileiro de classificação dos solos (SOLOS, 2013) – Figura 1, nas informações coletadas nas fichas de pesquisa de campo e na sobreposição do imóvel com o mapa de solos, realizada no QGIS. As seis tipologias de uso estão descritas na Tabela 1.

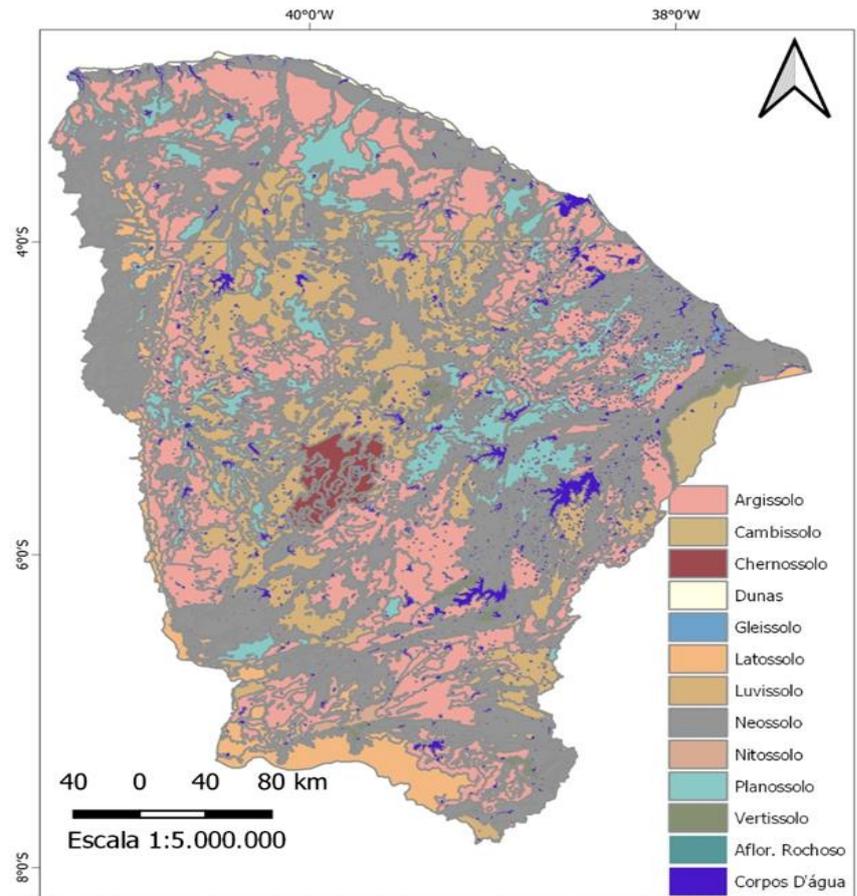


Figura 3 - ordens de solo de acordo com o sistema brasileiro de classificação dos solos.

Tabela 1: Tipologias de uso do solo para o estado do Ceará

Tipologia	Solos Predominantes	Características
Terras de Uso Restrito	Neossolos Litólicos e, em alguns casos, associados aos Luvisolos e Neossolos regolíticos	Possuem solos rasos e com severas limitações quanto à exploração. Em menor proporção, essa tipologia ocorre também em regiões serranas de relevo com forte movimentação, que impede a exploração de atividades agrícolas ou pecuárias de valor econômico. As áreas em processo de desertificação e que o uso é destinado exclusivamente à pecuária extensiva, com baixa capacidade de suporte animal, também se enquadram nessa tipologia.
Terras de Baixo Rendimento	Luvisolos, em associação com outras tipologias como Argissolos, Planossolos e Neossolos litólicos.	Inserem-se nessa classe as propriedades típicas do sertão semiárido. Normalmente, as propriedades com essa tipologia não se encontram sob um tipo único de solo, entretanto o solo predominante apresenta característica de baixo potencial produtivo.
Terras de Médio Rendimento	Argissolos, Neossolos flúvicos e Luvisolos profundos.	Nesta classe, os imóveis possuem maior potencial de exploração agrícola quando comparados à tipologia Terras de uso restrito e de Baixo rendimento.
Terras de Alto Rendimento	Cambissolos, Latossolos Eutróficos e Argissolos-Vermelhos Eutróficos profundos.	Imóveis com pouca limitação de exploração, situados em regiões de relevo plano ou suave ondulado.
Terras Arenosas	Argissolos Vermelho-Amarelo textura arenosa, Latossolos de textura arenosa, Neossolo Quartzarênico e Argissolos Amarelos	Tem uma presença bem marcante em alguns perímetros irrigados (Acará, Paraipaba e Tabuleiro de Russas) e nas áreas de cultivo do cajueiro. Também se caracterizam pela presença de imóveis com solos de textura arenosa que estão concentrados, predominantemente, na faixa litorânea do estado.
Aluvião	Neossolos Flúvicos	Especialmente, são encontrados nos diferentes mercados do estado, tendo em vista que sua presença se dá normalmente às margens de rios ou outros cursos d'água. Seu uso é predominantemente para agricultura por meio da irrigação.

5.2.4 Cálculo do valor da terra nua

De acordo com a definição da NBR 14653-3 (ABNT, 2019), o valor de uma propriedade rural é determinado pelo valor da terra nua (VTN) mais o valor das suas benfeitorias. Sendo assim, as benfeitorias já são parte integrante do valor da propriedade. Portanto, para a verificação das variáveis que influenciam na valorização dos imóveis rurais, utilizou-se o VTN, ou seja, o valor do imóvel menos o valor estimado das benfeitorias, evitando assim a influência destas nos resultados.

Nas amostras coletadas constam o Valor Total do Imóvel (VTI), mas não o valor das benfeitorias. Para calcular o percentual de benfeitorias, foi utilizado um banco de dados robusto e especializado. Utilizou-se um banco de dados com 377 avaliações de propriedades

rurais realizadas pelo INCRA nas últimas quatro décadas (1980 a 2020). Foram realizadas duas análises: i) quantificação do percentual representado pelas melhorias nos valores dos imóveis; ii) classificação dos imóveis avaliados pelo INCRA nas tipologias de uso do solo descritas na Tabela 1.

Em seguida, com os 377 imóveis alocados em suas respectivas tipologias, calculou-se o percentual médio de benfeitorias para os seis tipos de uso do solo. Por fim, as 465 amostras coletadas foram classificadas nas tipologias de uso do solo. O percentual médio de benfeitorias estimado pelo INCRA foi então aplicado para definir o valor das benfeitorias para cada um dos imóveis nos formulários de pesquisa de preços.

5.2.5 Descrição das variáveis que influenciam no valor da terra nua na região do estudo

Utilizou-se as seguintes variáveis para diagnosticar as características dos imóveis comercializados, identificar a relação individualmente entre cada uma das variáveis e o valor da terra nua e analisar a influência, na formação do preço de terras rurais no estado do Ceará, quando estudadas de maneira multivariada (Tabela 2).

Tabela 2 - Informações das variáveis independentes do modelo teórico

Variáveis [Fator*]	Descrição	Grupos	Critérios para distinção entre os grupos	Referência
Área do imóvel (A) [-]	Área do imóvel (ha)	A < 27 ha 27 < A < 80 ha 80 < A < 200 ha A > 200 ha	Método dos quartis	Itira (2004)
Irrigável [+]	Divide os imóveis nas categorias de sequeiro e irrigáveis	Sequeiro Irrigável	Sequeiro: Imóveis que não possuem disponibilidade hídrica para a prática da irrigação; Irrigável: Imóveis que possuem disponibilidade hídrica para a prática da irrigação	(IHS MARKIT, 2021).
Precipitação [+]	Média histórica de precipitação (mm/ano) para a região de localização do imóvel	Divisão em oito áreas homogêneas de precipitação (Figura 1)	Regiões homogêneas de chuva (FUNCEME, 2002)	de Resende (2002)
Tipo de Exploração [+]	Uso atual predominante do imóvel	Agricultura Mista Pecuária Sem exploração	Uso predominante de cada imóvel.	Mera (2019)
Distância do centro urbano (D) [-]	Distância (km) a ser percorrida da sede do imóvel para o centro urbano do município de sua localização.	D < 7 km 7 ≤ D < 13 km 13 ≤ D < 24 km D ≥ 24 km	Método dos quartis	Kowalczyk <i>et al.</i> , (2019); Drabik e Rajčániová, (2014); Calatrava e Cañero (2000); Segura <i>et al.</i> , (1998)
Tipologia de Uso do solo [+]	Caracterização do imóvel rural que classes de aptidão do uso do solo	- Uso restrito - Baixo rendimento - Médio rendimento - Alto rendimento - Terras arenosas - Terras de aluvião	Interação entre o tipo de exploração potencial e a predominância da ordem de solos presente no imóvel	Mera (2019); (SOLOS, 2013);

* indica o comportamento da variável em relação ao que a literatura cita. Sendo (-) quanto maior, menor será o valor da terra nua e (+) contribui de forma positiva para o valor da terra nua.

5.2.6 Análise estatística

A heterogeneidade dos imóveis pesquisados é bastante elevada. Portanto, buscou-se uma maior homogeneidade da amostra e para a identificação dos outliers utilizou-se a distância de Mahalanobis (DUTRA FILHO, 2011). Para cada uma das variáveis e para todas as observações, calculamos uma distância de Mahalanobis. Para determinação dos outliers consideramos os valores fora da margem ao especificado na tabela de distribuição do qui-quadrado para cinco graus de liberdade e intervalo entre 0,975 e 0,025. Sendo estes valores respectivamente 0,831 e 12,883. Foram identificadas 55 observações como outliers, as quais foram excluídas da análise. Sendo assim, o número de observações para a geração das demais análises estatísticas e resultados foram 410 amostras (298 negócios realizados e 112 imóveis ofertados).

Para avaliar se os melhores resultados seriam utilizando toda a amostra (negócios realizados – NR, e ofertas – OF) ou apenas (NR), estimou-se uma regressão, pelo método por etapas, para avaliar quais variáveis são importantes para influenciar o comportamento da variável dependente nos dois cenários. As variáveis significativas foram as mesmas para a amostra completa e para a amostra só com Negócios Realizados (Tabelas apêndice I).

Com o propósito de identificar a existência de relação significativa entre o valor da terra e as variáveis selecionadas para explicar seu comportamento foram adotados procedimentos de análise bivariada, especificamente coeficientes de correlação de Pearson (variáveis quantitativas) e coeficiente de Spearman (variáveis qualitativas ordinais) (RESTREPO e GONZÁLEZ, 2007). Ainda como procedimento de análise bivariada, foram realizadas ANOVAs para testar diferenças significativas nos valores médios de VTN para os grupos dessemelhantes dentro de cada variável.

Previamente à ANOVA, foram verificados os pressupostos de normalidade dos dados e homogeneidade de variâncias. A normalidade dos dados foi avaliada por meio dos testes Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk que indicou não haver significância. Sendo assim, foram realizados procedimentos de bootstrapping (1000 re-amostragens; 95% IC BCa) para se obter uma maior confiabilidade dos resultados, para corrigir desvios de normalidade da distribuição da amostra e diferenças entre os tamanhos dos grupos e, também, para apresentar um intervalo de confiança de 95% para as diferenças entre as médias (HAUKOOS & LEWIS, 2005). O pressuposto de homogeneidade de variância foi avaliado por meio do teste de Levene. Quando verificada a presença de heterogeneidade de variância, foi solicitada a correção de Welch e avaliação de post-hoc por meio da técnica de Games-Howell (FIELD, 2015).

O estado do Ceará é dividido em oito regiões homogêneas de chuvas definidas pela FUNCEME com características bem peculiares (Figura 4). Para cada uma dessas regiões foi calculada precipitação média (mm/ano) e alocados os imóveis pesquisados nas suas respectivas regiões de chuva. Posteriormente, estimou-se um modelo de regressão linear para avaliar a interação entre a precipitação e o valor da terra nua dos imóveis.

Percebeu-se pelas características climáticas que alguns municípios não estavam bem alocados nas regiões homogêneas de chuvas, pois diversos municípios que não são de serra e com características eminentemente de sertão estão em regiões homogêneas de chuva de serras. Também há diversos municípios com características de sertão inseridos em zonas homogêneas de litoral. Para testar se uma nova alocação dos municípios nas regiões homogêneas seria capaz de melhorar a relação com o valor da terra nua, realizou-se uma segunda regressão, com a readequação na distribuição dos municípios nas zonas homogêneas de chuvas com características climáticas assemelhadas as suas realidades, considerando para as regiões de serra apenas os imóveis localizados nos municípios das serras e no litoral apenas os imóveis presentes em municípios que façam divisa com o oceano.

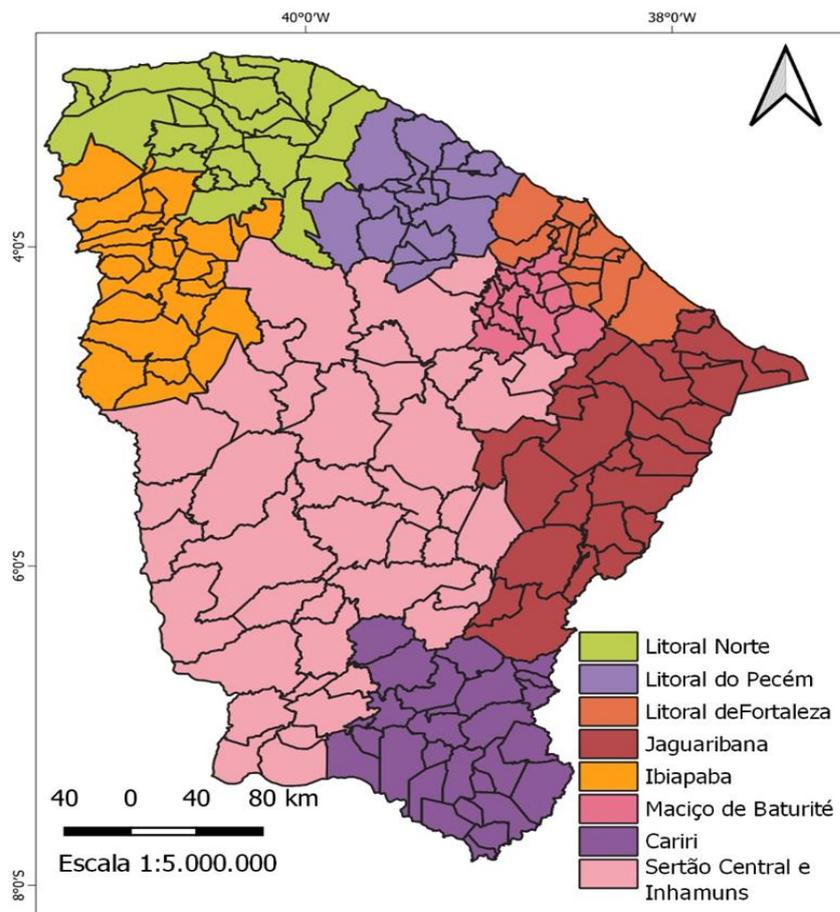


Figura 3 – Zonas homogêneas de chuva da FUNCEME

O conhecimento empírico do mercado de terras e processo de formação de preços permite especular que existe uma interação entre as variáveis que podem influenciar o preço final da terra. Com o propósito de aprofundar o entendimento sobre a relação entre as variáveis, foi utilizada a técnica de Análise de Correspondência Bivariada (Field, 2015) para investigar a associação existente entre as variáveis qualitativas e seus respectivos grupos.

Tendo como um dos objetivos do trabalho gerar um modelo para estimação de preço de terras envolvendo as variáveis descritas no item 5.2.5, elaborou-se um modelo de Regressão Linear Múltipla (Equação 2) com capacidade para estimar o valor da terra nua para uma gama de imóveis com características distintas.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i \quad (02)$$

Em que: Y_i é o i -ésimo valor da variável dependente; β_0 e β_1 são os parâmetros (coeficientes linear e angular da reta); $X_{i2}, X_{i3} \dots$ é o i -ésimo valor de cada uma das variáveis independente; ε_i é o termo do erro aleatório com $E(\varepsilon_i)=0$ e $\sigma^2(\varepsilon_i)=\sigma^2$; ε_i e ε_j não são correlacionados $\Rightarrow \sigma(\varepsilon_i, \varepsilon_j)=0$ para todo $i, j; i \neq j, i=1, 2, \dots, n$

Na geração do modelo de regressão, as variáveis qualitativas (tipologia de uso do solo, potencial de irrigação e tipo de exploração) foram transformadas em variáveis dummy, de acordo com a metodologia proposta por (FAVERO e BELFIORE, 2017). Sendo as categorias de referência respectivamente: classe I, imóveis de sequeiro e imóveis de exploração com agricultura.

Foi utilizado a função do logaritmo natural (LN) para ajustar o valor da variável dependente. Portanto, para a determinação do valor da terra nua, após o resultado gerado pela equação de regressão, foi-se necessário aplicar a correção por meio da função exponencial na base Euler.

As equações desenvolvidas foram implementadas em linguagem de programação Python em uma interface gráfica desenvolvida utilizando Streamlit Framework e disponibilizada por meio de um aplicativo no seguinte endereço: <https://terranea-hidrosed-v1.streamlit.app/>.

Para verificar a qualidade do modelo, utilizou-se o coeficiente de eficiência do modelo Nash–Sutcliffe normalizado (NNES) calculado conforme Equações 03 e 04 e realizou-se testes de regressão linear simples (R^2) entre os imóveis e suas respectivas tipologias de uso do solo em relação ao VTN/ha. Também se calculou o percentual de amostras coletadas dentro do intervalo de confiança da regressão para verificar a qualidade do modelo e realizou-se os

seguintes procedimentos para a verificação dos pressupostos: teste de normalidade dos resíduos, autocorrelação, multicolinearidade, homocedasticidade e linearidade.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - \bar{Q})^2} \quad (03)$$

Em que: NES = coeficiente de eficiência do modelo de Nash–Sutcliffe; Q_o = Valor do VTN/ha observado; Q_m = Valor do VTN/ha modelado; \bar{Q} = Valor médio do VTN/ha observado.

$$NNSE = \left(\frac{1}{2 - NSE} \right) \quad (04)$$

Em que: NNES = coeficiente normalizado de eficiência do modelo de Nash–Sutcliffe

5.3 RESULTADOS

5.3.1 Análise da amostra populacional e unidade amostral dos negócios realizados.

Em relação ao R^2 ajustado, foram realizadas duas regressões linear múltipla para avaliar os resultados apenas com toda a amostra populacional e utilizando a unidade amostral de negócios realizados (Apêndice I). Tem-se um melhor resultado quando utilizamos apenas a amostra com Negócios Realizados (NR) ($R^2 = 0,78$). Portanto, tendo em vista que os preditores do modelo foram os mesmos para as duas situações e que temos um maior valor de R^2 ajustado para o modelo utilizando apenas os NR, decidiu-se por utilizar apenas esses dados na geração dos demais resultados e discussões.

5.3.1.1 Análise da amostra de negócios realizados

A Tabela 3 contém a relação entre as tipologias de uso do solo e as variáveis distância e área. Um resultado a ser destacado é que, as terras arenosas são caracterizadas precipuamente por imóveis pequenos sendo mais de 50% com áreas inferiores a 27 (vinte e sete) hectares.

Tabela 3 - Caracterização da amostra por número de imóveis em tipologia de uso pela distância e área

Tipologia	Distância (km)				Área (ha)			
	$d \leq 7$	$7 < d \leq 13$	$13 < d \leq 24$	$d > 24$	$a \leq 27$	$27 < a \leq 80$	$80 < a \leq 200$	$a > 200$
Uso restrito	2	5	6	11	0	5	7	12
Baixo rendimento	25	15	14	14	4	18	24	22
Médio rendimento	19	27	20	14	21	20	24	15
Alto rendimento	10	6	8	15	15	20	2	2
Terras arenosas	12	23	18	22	39	15	14	7
Aluvião	8	2	1	1	4	4	4	0

A Tabela 4 contém a relação entre as tipologias de uso do solo e as variáveis potencial de irrigação e tipo de exploração. Um aspecto relevante é que praticamente 100% dos imóveis de uso restrito e de baixo rendimento são de sequeiro, que caracterizam-se por serem propriedades bem menos valorizada do que as terras irrigadas. Além disso, percebe-se que as terras arenosas têm 77% dos imóveis com a exploração de agricultura, indicando que este fato pode influenciar bastante no valor de mercado dessa tipologia.

Tabela 4 - Caracterização da amostra por número de imóveis em tipologia de uso pelo potencial de irrigação e tipo de exploração

Tipologia	Potencial de irrigação		Tipo de exploração			
	Sequeiro	Irigada	Agricultura	Mista	Pecuária	Sem exploração
Uso restrito	23	1	0	14	5	5
Baixo rendimento	63	5	0	51	6	11
Médio rendimento	59	21	12	49	5	14
Alto rendimento	17	22	19	8	0	12
Terras arenosas	49	26	58	6	0	11
Aluvião	3	9	3	9	0	0

5.3.1.2 Análise bivariada dos dados

Pela análise da Tabela 5, constata-se que a área do imóvel e a distância ao centro urbano a um nível de significância de 1%, são inversamente proporcionais ao valor da terra nua. Este resultado vai ao encontro da maior parte da literatura, pois, imóveis menores possuem um valor unitário maior, quando comparado com imóveis maiores. Dentre os fatores que explicam esse resultado temos que uma maior liquidez de pequenos imóveis e a tendência de maior uniformidade das áreas pequenas são fatores que influenciam nesta relação.

Tabela 5 - Correlação entre o VTN/ha e variáveis explicativas adotadas no estudo

Variável (VTN/ha)	Coefficiente (Spearman ou Pearson)	p-value
Área do imóvel	-0,667*	0,01
Distância ao centro urbano	-0,241*	0,01
Precipitação	0,245*	0,01
Potencial de irrigação	0,456**	0,01
Tipo de exploração	0,540**	0,01
Tipologia de uso do solo	0,807**	0,01

* Coeficiente de Pearson; ** Coeficiente de Spearman

Em relação a distância do centro urbano, propriedades mais próximas tendem a ter um valor de mercado maior do que áreas mais distantes, principalmente, por ter o escoamento da produção facilitado, além da diminuição de custos com deslocamentos para aquisição de insumos. A precipitação tem um valor de coeficiente de Pearson baixo, a um nível de significância de 1% e será mais bem analisada em tópico a seguir.

Considerando-se que são muitas as variáveis que influenciam na formação do preço de imóveis rurais, o potencial de irrigação, o tipo de exploração e, principalmente, a tipologia

de uso do solo apresentam um considerável valor de coeficiente de correlação. O elevado valor do coeficiente de Spearman da variável tipologia de uso do solo está relacionado ao fato de nesta variável está embutido, além das características dos solos o uso potencial.

Foi utilizada a divisão em quartis para comparar os grupos e avaliar a influência do tamanho e da distância média de localização do imóvel até o centro urbano de referência no VTN (R\$/ha). Pelos dados da Figura 4, percebe-se que a localização até 7 km de distância do centro urbano tem o maior valor e difere estatisticamente, a nível de significância de 5%, dos imóveis com distância acima de 7 km. Quanto ao tamanho, há diferença significativa entre todos os extratos de tamanhos delimitados e os imóveis até 27 ha têm valores bem superiores quando comparados aos demais.

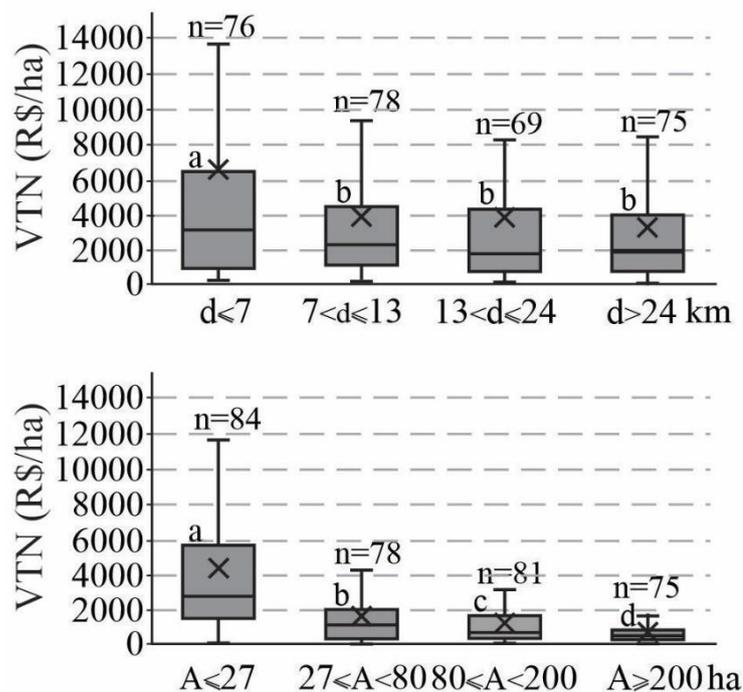


Figura 4. Valor da terra nua (R\$/ha) em relação ao tamanho dos imóveis pesquisados divididos em extratos dos seguintes tamanhos: até 27 ha; acima de 27 e abaixo de 80 ha; acima de 80ha e até 200ha; e acima de 200ha (A). Valor da terra nua (R\$/ha) de acordo com a distância dos imóveis pesquisados ao centro urbano do município distribuído nas seguintes classes: até 7km; acima de 7km e até 13km; acima de 13km e até 24 km; e acima de 24km (B).

A disponibilidade hídrica e a qualidade dos solos são os dois principais fatores que contribuem para a valorização dos imóveis e que estão relacionadas às características produtivas. A exploração atual do imóvel, cada vez mais, vem sendo citada na literatura como um fator de valorização das propriedades rurais, quando analisada isoladamente, mas é de suma

importância que analisemos levando em consideração a sua interação com o tipo de solo (Figura 5) (DONOSO *et al.*, 2013; FOSTER *et al.*, 2016; e ZHLLIMA, 2021).

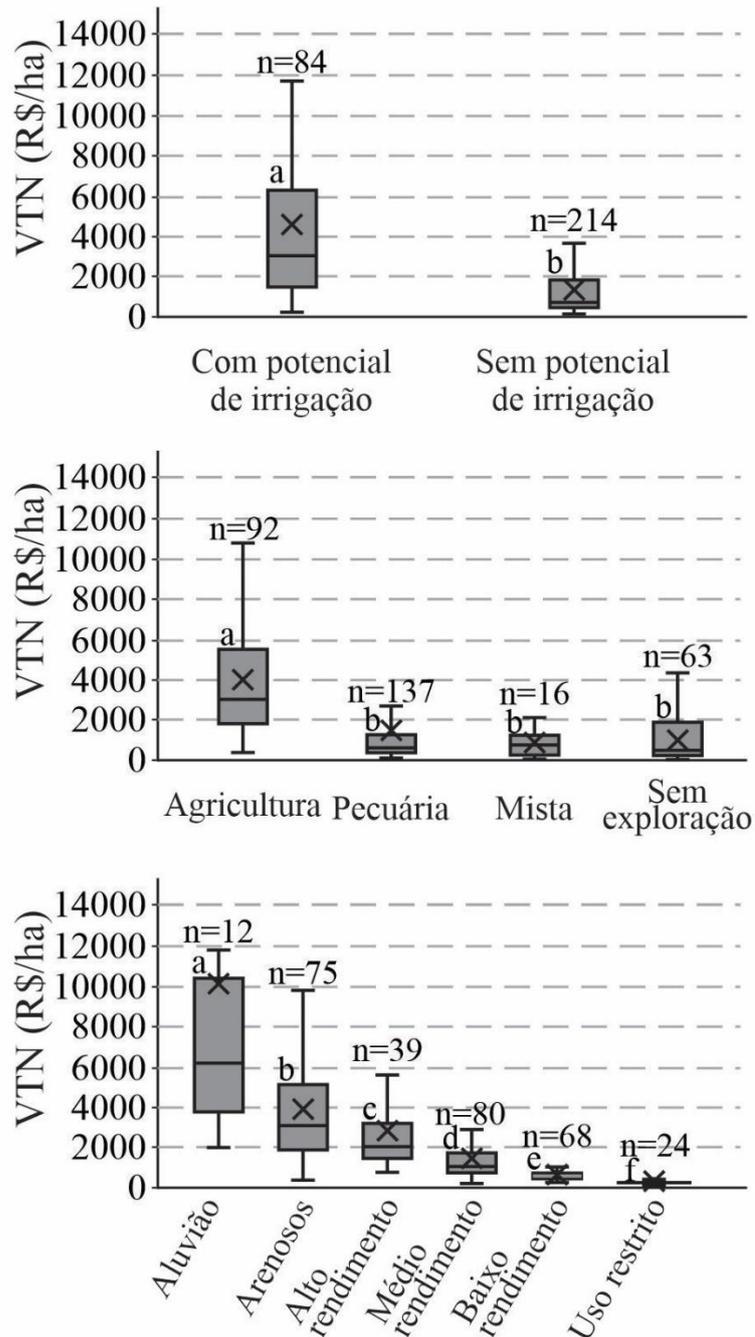


Figura 5 – Valor da terra nua (R\$/ha) dos imóveis com potencial de irrigação e dos imóveis de sequeiro (A). Valor da terra nua (R\$/ha) em relação ao tipo de exploração (agricultura, pecuária, mista ou sem exploração) predominante nos imóveis pesquisados (B). Valor da terra nua (R\$/ha) em relação as tipologias de uso dos solos que levam em consideração as características edafoclimáticas e o tipo de exploração potencial dos imóveis (C).

As áreas com capacidade de irrigação são divididas em: localizadas ao lado de rios perenizados ou dentro dos perímetros irrigados e têm capacidade de irrigar o ano todo e as que dependem exclusivamente das chuvas e não possuem nenhuma capacidade de irrigação. Percebe-se que há uma diferença significativa entre os imóveis com potencial de irrigação e os de sequeiro e que os valores de imóveis que não dependem apenas da chuva são muito superiores.

Nos imóveis pesquisados praticam-se três tipos diferentes de exploração, além de ter aqueles sem exploração alguma. Os imóveis caracterizados como de Agricultura têm o cultivo predominantemente para fins comerciais, seja com culturas anuais (feijão, milho), seja com culturas perenes (banana, mamão, acerola, melão) e, em algumas regiões, a possibilidade de irrigação potencializa ainda mais o uso dessas áreas. Nas áreas de exploração mista tem-se o cultivo agrícola mais para subsistência e a exploração de pecuária extensiva. Nas áreas caracteristicamente de pecuária geralmente temos a exploração extensiva na caprinocultura, ovinocultura e bovinocultura. Estas propriedades se assemelham muito aos imóveis sem exploração de sequeiro, sendo que, geralmente, as duas têm grande área em vegetação nativa. As áreas de agricultura têm VTN/ha bem superior aos outros três tipos de exploração, não havendo diferença significativa entre as propriedades com exploração Mista, Pecuária e Sem Exploração.

As tipologias de uso das terras foram determinadas de acordo com as características de solos dos imóveis e seus respectivos usos potenciais. Portanto, a Figura 5 representa a influência dos diferentes tipos de solos com os seus respectivos usos potenciais no valor da terra nua (VTN) das propriedades rurais. Percebe-se que há diferença estatística a um nível de significância de 5% entre todas as tipologias. As áreas de uso restrito que é composta por imóveis com Neossolos Litólicos e que se caracterizam por serem áreas em processos de desertificação ou de pecuária de extensiva de baixo suporte é a que apresenta menor valor. Já as terras de aluvião (Neossolos Flúvicos), que são, em grande parte, utilizadas com agricultura irrigada, são as terras mais valorizadas.

Um ponto importante a ser destacado, é que os solos que formam a tipologia de solos arenosos (Neossolo Quartzarênico, Argissolos Vermelho-Amarelo textura arenosa, Latossolos de textura arenosa e Argissolos Amarelos) possuem, em geral, características físico-químicas inferiores aos solos das tipologias de alto rendimento (Cambissolos, Latossolos Eutróficos e Argissolos-Vermelhos Eutróficos profundos) indicando, que neste caso específico, o uso está influenciando mais no valor da terra do que a própria característica do solo.

Uma outra perspectiva de análise é a interpolação do preço da terra (Figura 6) em que se percebe que nas áreas de litoral, chapadas, serras e sul do estado tem-se as terras mais valorizadas e que os imóveis de sertão são os de menor preço. Este resultado está diretamente associado a localização das tipologias de uso do solo (Figura 2).

De acordo com a Figura 7, a correlação entre a chuva e o preço da terra é muito baixa. Uma das justificativas para a baixa influência da pluviosidade no valor da terra nua, quando consideramos todas as regiões determinadas pela FUNCEME, é que estão incluídas em regiões de serra, alguns municípios localizados fora das serras e com características eminentemente de sertão. Outro fator que impacta é que nas regiões de litoral, a FUNCEME considera muitos municípios que não fazem divisa com o Oceano e adentram muito na parte continental. Considerando para as regiões de serra apenas os municípios localizados nas mesmas e no litoral apenas municípios que façam divisa com o oceano conseguimos um melhor ajuste para efeito de correlação entre o valor da terra nua e a pluviosidade média, conforme podemos observar na Figura 7.

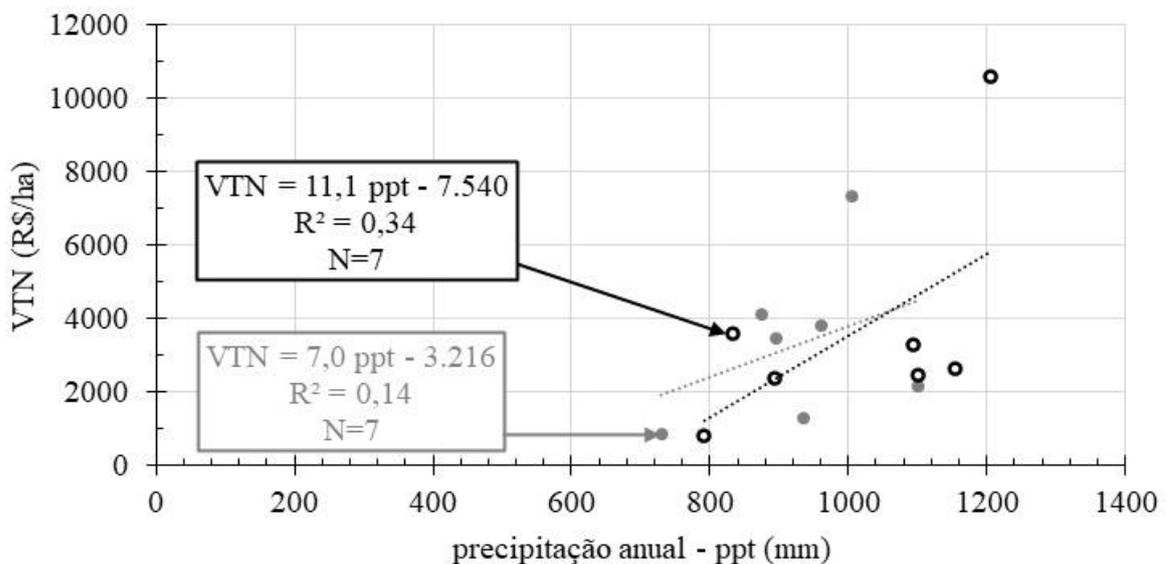


Figura 7 – Relação da precipitação com o valor da terra nua com regiões homogêneas de chuva da FUNCEME e com realização de ajustes nas regiões homogêneas.

Objetivando-se analisar se há uma correlação significativamente positiva entre as variáveis, realizou-se as seguintes análises de correspondências: potencial de irrigação / tipo de exploração; potencial de irrigação / tipologia de uso dos solos; e tipo de exploração / tipologia de uso dos solos (Tabela 6). A memória de cálculos para geração da tabela cruzada entre as

variáveis se deu com o cálculo do Teste Qui-quadrado de Pearson, da frequência absoluta observada e esperada, dos resíduos e dos resíduos padronizados ajustados (Apêndice II).

Tabela 6 - Tabela cruzada com os resíduos padronizados ajustados entre: Tipo de Exploração e Potencial de Irrigação (A). Classes de Uso do Solo e Potencial de Irrigação (B). Classes de Uso do Solo e Tipo de Exploração (C)

A			Tipo de exploração					
			Agricultura	Mista	Pecuária	Sem exploração		
Potencial de irrigação	Não	RPA	-4,5	3	2	0,3		
	Sim	RPA	4,5	-3	-2	-0,3		
B			Tipologia de uso do solo					
			Uso restrito	Baixo rendimento	Médio rendimento	Alto rendimento	Terras arenosas	Terras de aluvião
Potencial de irrigação	Não	RPA	2,7	4,3	0,5	-4,2	-1,4	-3,7
	Sim	RPA	-2,7	-4,3	-0,5	4,2	1,4	3,7
C			Classe de Uso do Solo					
			Uso restrito	Baixo rendimento	Médio rendimento	Alto rendimento	Terras arenosas	Terras de aluvião
Tipo de exploração	Sem exploração	RPA	0,4	-0,4	-0,1	2,3	-0,8	-1,6
	Pecuária	RPA	3,5	1,4	-0,4	-1,6	-2,4	-0,8
	Mista	RPA	1,3	5,5	3,2	-3,4	-7,6	2,1
	Agricultura	RPA	-3,4	-6,3	-3,6	2,6	10,1	0,4

As áreas de sequeiro têm associação estatisticamente significativa, em relação ao tipo de exploração, com as áreas de exploração mista e pecuária e com as tipologias de uso do solo com os imóveis de uso restrito e de baixa produtividade. Já as áreas irrigáveis, têm correspondência significativa com as áreas de agricultura, alta produtividade e terras de aluvião.

Na associação entre tipo de exploração e tipologia de uso do solo temos significância para os seguintes casos: sem exploração e alta produtividade; pecuária e uso restrito; mista com baixa e média produtividade; e agricultura com alta produtividade e terras arenosas.

5.3.2 Análise multivariada dos dados

Realizou-se duas regressões lineares múltiplas, considerando as variáveis explicativas do modelo, aquelas descritas no item 5.2.5 e Apêndice I, e com a variável dependente quantitativa, o valor da terra nua. Os melhores resultados foram obtidos no modelo que utilizou apenas dados de imóveis já transacionados no mercado de terras. Sendo assim, neste tópico, as análises dar-se-ão para esta regressão.

Inicialmente, estimou-se uma regressão, pelo método por etapas, para avaliar quais variáveis são importantes para influenciar o comportamento da variável dependente. O valor de R^2 ajustado foi de 0,779 e a primeira variável incluída no modelo foi a área, seguida pela irrigação, tipologias de uso do solo, tipo de exploração e distância. As variáveis Precipitação e Pecuária foram excluídas do modelo. Sendo assim, um novo modelo foi gerado (Tabela 7) apenas com as variáveis que influenciam no comportamento da terra nua para avaliação dos pressupostos e ajustes do modelo. A ANOVA da regressão nos diz que o modelo estimado é estatisticamente significativo a um nível (sig. <0,05), permitindo-se concluir que as variáveis independentes conseguem explicar o comportamento da variável dependente. Dado que o modelo é significativo e que apresenta um bom ajuste (R^2 ajustado = 0,779), foram analisados os coeficientes estimados e a utilidade do modelo para prever o valor da terra nua no estado do Ceará.

Tabela 7 – Coeficientes de regressão estimados no modelo proposto^a

	Estimativa dos Coef.		Coef. padronizados	t	Sig.	Intervalo de confiança		Estatísticas de colinearidade	
	B	Std. Error	Beta			Lim. Inferior	Lim. Superior	Tolerância	VIF
(Constant)	6,048	0,170		35,562	,000	5,713	6,384		
Área	-0,001	0,000	-0,173	-4,860	,000	-0,002	-0,001	0,798	1,253
Distância	-0,014	0,004	-0,127	-3,624	,000	-0,021	-0,006	0,824	1,213
Irrigação	0,584	0,094	0,228	6,219	,000	0,399	0,770	0,752	1,329
Mista	-0,414	0,106	-0,176	-3,915	,000	-0,622	-0,205	0,499	2,004
Sem_exp	-0,669	0,117	-0,214	-5,741	,000	-0,899	-0,439	0,728	1,373
Baixo Rendimento	0,900	0,153	0,322	5,901	,000	0,599	1,201	0,339	2,953
Médio Rendimento	1,512	0,153	0,548	9,852	,000	1,209	1,814	0,326	3,071
Alto Rendimento	1,841	0,176	0,547	10,442	,000	1,494	2,189	0,367	2,721
Terras Arenosas	2,135	0,159	0,803	13,410	,000	1,821	2,449	0,281	3,558
Aluvião	2,690	0,250	0,455	10,776	,000	2,198	3,182	0,566	1,768

a. Variável dependente: VTN/ha

Analisando-se os coeficientes tem-se que as áreas irrigadas são mais valorizadas que as de sequeiro, as áreas mistas e sem exploração tem preços inferiores as de agricultura e as áreas com tipologia de uso restrito são inferiores a todas as demais, tendo as áreas de aluvião os maiores valores. Como era de se esperar os coeficientes para as variáveis tamanho e distância do centro urbano têm valor negativo. Avaliando o impacto da significância percebe-se que todas as variáveis possuem impacto significativo sobre a variável dependente.

Com base nas variáveis selecionadas para o modelo, teremos a seguinte equação geral para estimar o valor da terra nua por hectare:

$$\begin{aligned}
 \widehat{VTN}(\text{R\$/ha}) = & \\
 & +6,048 \\
 & + 0,584. \text{irrigável} \begin{cases} \text{Sequeiro}=0 \\ \text{Irigada}=1 \end{cases} \\
 & - 0,414. \text{exploração} \begin{cases} \text{Mista}=1 \\ \text{Agricultura}=0 \end{cases} \\
 & - 0,669. \text{exploração} \begin{cases} \text{sem exploração}=1 \\ \text{Agricultura}=0 \end{cases} \\
 & +0,900. \text{tipologia de uso} \begin{cases} \text{Uso restrito}=0 \\ \text{Baixo rendimento}=1 \end{cases} \\
 & + 1,512. \text{tipologia de uso} \begin{cases} \text{Uso restrito}=0 \\ \text{Médio rendimento}=1 \end{cases} \\
 & + 1,841. \text{tipologia de uso} \begin{cases} \text{Uso restrito}=0 \\ \text{Alto rendimento}=1 \end{cases} \\
 & +2,135. \text{tipologia de uso} \begin{cases} \text{Uso restrito}=0 \\ \text{Terras arenosas}=1 \end{cases} \\
 & + 2,690. \text{tipologia de uso} \begin{cases} \text{Uso restrito}=0 \\ \text{Aluvião}=1 \end{cases} \\
 & -0,001. \text{área (ha)} \\
 & -0,014. \text{distância (km)}
 \end{aligned}$$

Ao resultado do VTN deve ser aplicada a função exponencial na base Euler para que possamos ter o valor em R\$/ha, pois foi utilizado a função do logaritmo natural (LN) para ajustar o valor da variável dependente. Tendo em vista que foram utilizadas variáveis Dummies para o potencial de irrigação, classes de solos e tipo de exploração, de acordo com as características dos imóveis (Tabela 2), podemos gerar a partir da equação geral, novas equações (Apêndice III) capazes de estimar o valor da terra nua para 36 imóveis de características diferentes de acordo com o potencial de irrigação, tipo de exploração e tipologia de uso.

Para uma melhor percepção sobre a diferenciação nos preços dos imóveis dependendo das suas características de tipologia de uso, tipo de exploração e potencial de irrigação, realizou-se a aplicação da equação acima para um imóvel médio da amostra: com distância do centro urbano de 16,40 km e área de 131,28 ha (Tabela 8).

Tabela 8 - VTN (R\$/ha) de um imóvel com as características médias da amostra (distância do centro urbano 16,40 km e área de 131,28 ha) para todas as tipologias de uso, em situação de sequeiro e irrigada para todos os tipos de exploração (agricultura, mista e sem exploração)

Tipologia de Uso	Agricultura		Mista		Sem Exploração	
	Irigada	Sequeiro	Irigada	Sequeiro	Irigada	Sequeiro
Uso restrito	514,58	286,85	340,25	189,67	263,62	146,95
Baixa rendimento	1.265,64	705,53	836,87	466,51	648,37	361,43
Médio rendimento	2.332,97	1.300,51	1.542,61	859,92	1.195,16	666,24
Alto rendimento	3.244,81	1.808,81	2.145,54	1.196,02	1.662,28	926,63
Terras arenosas	4.352,33	2.426,19	2.877,86	1.604,25	2.229,65	1.242,91
Aluvião	7.581,10	4.226,05	5.012,79	2.794,36	3.883,72	2.164,96

5.3.3 Verificação da qualidade do modelo

Seguem abaixo os dados consolidados dos parâmetros utilizados para a validação do modelo: coeficiente de eficiência do modelo Nash–Sutcliffe normalizado (NNES) (Tabela 9), testes de regressão linear simples (R^2) (Tabela 10) e o percentual de amostras testadas que tiveram o seu VTN/ha dentro do intervalo de confiança da regressão. A verificação dos pressupostos do modelo segue no apêndice IV.

Tabela 9 - Valores dos Coeficientes de eficiência do modelo Nash–Sutcliffe normalizado

Classe de uso do solo						
Tipo de imóvel: Exploração mista	I	II	III	IV	V	IV
Sequeiro	0,512	0,433	0,510	0,467	0,362	0,394
Irrigado		0,551	0,504			0,467
Classe de uso do solo						
Tipo de imóvel: Agricultura	I	II	III	IV	V	IV
Sequeiro	-	-	0,411	0,305	0,620	-
Irrigado	-	-	0,378	0,538	0,406	0,483
Classe de uso do solo						
Tipo de imóvel: Sem exploração	I	II	III	IV	V	IV
Sequeiro	0,535	0,189	0,008	0,244	0,132	-
Irrigado	-	-	-	0,042	0,056	-

Tabela 10 – Resumo dos valores calculados de R²

Classe de uso do solo						
Tipo de imóvel: Exploração mista	I	II	III	IV	V	IV
Sequeiro (CI* < 79%)	0,25	0,04	0,12	0,02	0,03	0,61
Irrigado (CI* < 100%)	-	0,71	0,13	-	-	0,12
Classe de uso do solo						
Tipo de imóvel: Agricultura	I	II	III	IV	V	IV
Sequeiro (CI* < 76%)	-	-	0,54	0,14	0,12	-
Irrigado (CI* < 86%)	-	-	0,36	0,54	0,09	0,09
Classe de uso do solo						
Tipo de imóvel: Sem exploração	I	II	III	IV	V	IV
Sequeiro (CI* < 100%)	0,66	0,25	0,29	0,92	0,13	-
Irrigado (CI* < 100%)	-	-	-	0,03	0,40	-

* Por meio dos limites inferiores e superiores do intervalo de confiança da Tabela 5, estimou-se qual o percentual das 123 observações utilizadas para testar o modelo que se encontram dentro do intervalo de confiança calculado (Tabela 8).

5.4 DISCUSSÃO

5.4.1 Variáveis relacionadas às características não produtivas dos imóveis

A localização teve uma influência significativa no preço no preço dos imóveis localizados até 7,0 km de distância do centro urbano, quando comparado com os imóveis localizados a mais de 7,0 km do centro urbano. A partir do extrato de imóveis, de 8,0 km e até 13,0 km, não tivemos diferença significativa a um nível de 5%, quando comparado com os imóveis acima de 13,0 km até 24,0 km e os com distância acima de 24,0 km. O coeficiente de Pearson (-0,241) e o coeficiente da equação de regressão (-0,014) corroboram para hipótese de que propriedades mais distantes tendem a ter um valor de mercado menor do que áreas mais próximas aos centros urbanos.

A localização do imóvel é, historicamente, uma das variáveis que tem mais influência sobre o preço da terra (QY *et al.*, 2023; SKLENICKA *et al.*, 2013; e KUMAR *et al.*, 2005). No Brasil, a regulação da propriedade privada ocorreu pela denominada Lei de Terras em 1850 (Lei 601, de 18 de setembro de 1850), que já trouxe como um dos fatores de valorização do imóvel, a situação do mesmo, ou seja, localização e acesso. A referida Lei determinou que deveria ser pago ao governo o preço mínimo, fixado antecipadamente e pago à vista, de meio real, um real, real e meio, e dois réis, por braça quadrada¹, segundo for a qualidade e situação² dos mesmos lotes e sobras.

Para Zrobek (2020), o valor de mercado de uma propriedade deve levar em consideração um conjunto de características: tipo de uso, fertilidade, condições das benfeitorias e localização. Kowalczyk *et al.*, (2019) e Drabik e Rajčániová (2014) também consideram que a localização é um fator que influencia no valor de uma fazenda. Vyn e Shang (2021), estudando a influência da localização no preço dos imóveis rurais no Canadá, detectaram que as áreas até 5km de distância do centro urbano são 51,3% mais valorizadas que as áreas acima de 5km e até 10km de distância do centro urbano.

O resultado demonstrou (Figura 4) que as áreas acima de 24 km de distância do centro urbano não são significativamente diferentes das áreas com distância acima de 8 km. Um aspecto que influenciou neste resultado é que, há uma maior frequência de áreas irrigáveis a partir de 30 km de distância, principalmente, com os imóveis localizados no Distrito Irrigado Jaguaribe Apodi e no Perímetro Irrigado Tabuleiro de Russas, pois apesar de estarem localizados a uma distância média de 33 km de distância dos centros urbanos, possuem valor

¹ Área equivalente a 4356m² (66m x 66m)

² Interação entre a localização e a qualidade do acesso

de mercado bem elevado pela sua capacidade de irrigação para produção agrícola, demonstrando que a influência da irrigação pode sobrepor os demais fatores. Silva (2020), estudando os fatores que influenciam o preço de terras no Oeste do Paraná (Estado Brasileiro), não obteve correlação significativa entre os preços das terras e a sua localização.

Calatrava e Cañero (2000) e Segura *et al.*, (1998), pesquisando a valorização de imóveis rurais por meio de métodos econométricos, também concluíram que a distância do imóvel ao centro urbano influencia positivamente no valor da terra. Para Grau *et al.*, (2019), a distância dos mercados consumidores é um dos motivos que pode levar o investidor a pagar um maior valor por uma determinada área.

Para o tamanho da propriedade, percebe-se pelos resultados apresentados (Figura 2), coeficiente de Pearson (-0,667) e o coeficiente da equação de regressão (-0,001), que as áreas de menor tamanho possuem um valor agregado maior. Este resultado vai ao encontro do preconizado na literatura que demonstra que o tamanho da propriedade tende a ser inversamente proporcional ao seu preço unitário (R\$/ha) sendo a liquidez de pequenos imóveis e a tendência de maior uniformidade das áreas pequenas fatores que influenciam nesta relação.

Estudando o comportamento da relação área versus preço da terra para 30 mercados diferentes, Itira (2004) detectou uma correlação negativa entre as duas variáveis (área e preço), para o estado do Ceará, indicando um resultado semelhante ao do presente estudo. No mesmo sentido, para estudos realizados na região de Louisianes (EUA) (VENDEVEER, 2001; KENNEDY *et al.*, 1997; LOVELL e LYNCH, 2002). Henning *et al.*, (2001) detectou que para cada acréscimo de um hectare de área o preço dos imóveis cai na proporção de US\$ 4,52.

Reydon (2006) indica que a baixa liquidez, as quase rendas produtivas e o custo de manutenção das grandes propriedades são fatores que explicam o menor valor unitário da terra para grandes propriedades. Mera (2019) também afirma que a liquidez de áreas menores é um fator que explica os maiores preços unitários quando comparadas com grandes áreas. Brorsen *et al.*, (2015), estudando a relação inversa para o Estado de Oklahoma nos EUA, identificaram que há uma relação inversa entre preço por hectare e tamanho da propriedade para todas as 77 regiões pesquisadas.

No caso do mercado de terras locais do Ceará, uma outra variável influencia bastante o valor unitário para as áreas de menores tamanho. São os imóveis com possibilidade de irrigação, pois têm área média de 25,61 ha e possuem um alto poder produtivo e valorização no mercado local conforme pode ser observado na Figura 5.

5.4.2 Variáveis relacionadas às características produtivas dos imóveis

A tipologia de uso do solo foi estatisticamente diferente para todos os subgrupos (Figura 5). Apesar de áreas muito valorizadas, percebe-se que as áreas compostas por solos com melhores características físico-químicas (tipologia de uso de alto rendimento que é composto pelos Cambissolos, Latossolos Eutróficos e Argissolos-Vermelhos Eutróficos profundos) não são mais valorizadas que as áreas arenosas, indicando que na interação qualidade do solo e seu uso, este, teve maior influência na valorização dos imóveis rurais.

De certa forma, este resultado é novo, tendo em vista que há uma grande quantidade de pesquisas que concluíram os melhores solos como sendo os mais valorizados. Werling (1982), De Camargo (2004), Mera (2019) e Grau *et al.*, (2020) atribuem a qualidade dos solos como fator de valorização dos imóveis rurais. Meissner & Musshoff (2022), avaliando a influência da qualidade do solo na Alemanha não apenas num dado momento, mas entre os anos de 1991 e 2020, concluíram que além dos melhores solos terem um maior valor agregado, esta característica se manteve estável ao longo dos anos. Miranowski e Hammes (1984), adentram as características específicas dos solos e concluem que para o estado de Iowa nos EUA a profundidade e o pH do solo contribuem de forma positiva para valorização de uma propriedade, enquanto o potencial de erosão tem correlação negativa. Awasthi (2014), em estudo sobre valorização de imóveis rurais na Índia, também considerou a fertilidade do solo como um fator de valorização.

No caso específico do Ceará, os Cambissolos, Latossolos Eutróficos e Argissolos-Vermelhos Eutróficos profundos não são os mais valorizados, sendo, estes, os Neossolos Flúvicos (tipologia de uso de Aluvião). A explicação para este fator não pode ser feita analisando apenas a questão edáfica, pois, geralmente, há a prática de irrigação com uso da agricultura nas áreas de aluvião. Como podemos observar nos resultados, o potencial de irrigação e a exploração para agricultura são dois fatores que influenciam de forma muito significativa a valorização das propriedades. Inclusive, de acordo com os resultados da análise de correspondência (Tabela 6), as áreas irrigáveis têm uma correspondência estatisticamente significativa com as áreas de agricultura indicando que estes dois fatores (uso e potencial de irrigação) atuam juntos na valorização de uma propriedade. Outro fator que contribuiu para este resultado é o fato das áreas arenosas terem sido em sua maioria propriedades abaixo de 27 ha, que são as mais valorizadas de acordo com a Figura 5.

As áreas Arenosas e Areno-argilosas, mesmo tendo um menor potencial produtivo, são mais valorizadas que as áreas de Argissolos, Cambissolos, Latossolos Eutróficos e Argissolos-Vermelhos Eutróficos profundos. Um fator que influencia nesse resultado é que os

perímetros irrigados da Paraipaba e Tabuleiro de Russas, que têm capacidade de manter agricultura irrigada o ano inteiro, possuem solos predominantemente Areno-argilosos. O cultivo do Caju, que se dá de forma predominante em Neossolo Quartzarênico e Argissolos Vermelho-Amarelo, também influencia neste resultado, pois trata-se de uma cadeia produtiva consolidada e valorizada no estado do Ceará, com localização principalmente em áreas mais próximas ao litoral, que historicamente são mais valorizadas que no sertão (Figura 6). De acordo com os dados da IHS Markit (2021), a fruticultura de caju foi a que apresentou maior valorização (19%), dentre todas as tipologias de uso do Ceará, quando comparada com o ano de 2020.

Outro fator de valorização de um imóvel é a capacidade de irrigação (TRONCOSO *et al.*, 2010). De acordo com os dados da Figura 5, os imóveis que possuem capacidade de irrigação têm um valor 430% vezes maior do que aqueles que dependem exclusivamente das chuvas para a produção agropecuária. Resultados semelhantes, para o Estado do Ceará, foram obtidos pela IHS Markit (2021) que para as regiões do Cariri, Crateús e Baixo e Médio Jaguaribe detectou que as áreas com irrigação valorizaram respectivamente em 437%, 309% e 180% quando comparadas com a de sequeiro. Guadaluhara (2019) concluiu que as áreas com potencial de irrigação aumentaram 2,2 vezes em relação aos demais usos da terra na região de Aragon na Espanha e Gracia (2004), em estudo na mesma região, já havia concluído por uma diferença significativa nos preços dos imóveis irrigados e de sequeiro.

Sekac *et al.*, (2017) estudaram o comportamento de 12 variáveis na influência no preço da terra na República Tcheca e obteve resultados no mesmo sentido, concluindo que as áreas as margens dos rios e lagos foram os dois fatores de maior influência na valorização de um imóvel, com uma valorização de 3,5 a 3,7 vezes mais altos do que os preços de terras semelhantes a mais de 5 km da borda de um corpo d'água. De Camargo (2004), estudando a valorização da terra agrícola conforme o uso no Estado de São Paulo – Brasil, apontou que um fator que contribui para a valorização do solo é a disponibilidade de água, posto que as principais regiões agrícolas se utilizam de irrigação para o cultivo durante todo o ano. Peiró (2021), pesquisando a valorização de imóveis no Estado de Goiás – Brasil, também cita a disponibilidade de água como um dos fatores contribuintes. As propriedades com um melhor solo e com disponibilidade de água possuem valorização de 118% em relação às propriedades com solos piores e sem disponibilidade de água para a tipologia de uso de pastagem formada na região Nordeste do Brasil (IHS MARKIT, 2021).

A interação entre qualidade do solo e irrigação, gerando valorização dos imóveis, pôde ser observada na análise de correspondência (Tabela 6) quando tivemos os imóveis de

sequeiro com uma correspondência significativa com os Neossolos Litólicos e Luvisolos, enquanto os imóveis irrigáveis se associam significativamente com os Cambissolos, Latossolos Eutróficos e Argissolos-Vermelhos Eutróficos profundos. Neste mesmo sentido, percebe-se que as áreas de agricultura, que são as mais valorizadas no Ceará (Figura 5), estão associadas aos solos de alto rendimento e de terras arenosas e as áreas de exploração mistas (que geralmente são áreas de sequeiro e menos valorizadas) estão associadas a solos menos produtivos das tipologias de baixo e médio rendimento. Caballer (2020), estudando os fatores de valorização de imóveis para a incidência de impostos, também cita a interação de qualidade do solo e disponibilidade de água como um dos fatores de aumento do preço de uma propriedade rural.

A infraestrutura de produção é citada por Plata (2001), como um dos fatores que proporciona a valorização do imóvel, por permitir produzir mais com riscos menores. A irrigação de áreas no Estado do Ceará enquadra-se nessa conclusão de diminuição de riscos e aumento de produção, pois permite a exploração agrícola o ano todo e diminui o efeito da distribuição irregular das chuvas.

Um outro fator que também está associado à valorização de áreas com irrigação e de áreas com a agricultura é que o valor agregado da fruticultura tem aumentado muito nos últimos anos por conta do aumento das exportações. Apenas no segmento de frutas frescas e elaboradas as exportações em 2021 somaram mais de US\$ 80 milhões, registrando crescimento de 15,2% sobre o ano anterior (CEARÁ, 2022). Mera (2019) também entende que a terra segue a tendência de valorização da cultura que nela é produzida.

O tipo de exploração é outro fator analisado no trabalho que valoriza uma propriedade rural, que de acordo com Myrna *et al.*, (2019) varia com o método e grau de uso da terra. A estrutura de plantio, Luo *et al.*, (2018), e os insumos agrícolas, Hanson *et al.*, (2018), influenciam na rentabilidade e conseqüentemente no valor de mercado. Observamos na Figura 5 e no coeficiente da equação de regressão que áreas de agricultura foram as mais valorizadas e que as demais não foram estatisticamente diferentes. Um fato que contribui para este resultado é a exploração de frutas irrigadas no Estado do Ceará. De acordo com a ABRAFRUTAS (2022), o Ceará passou a ser o terceiro maior exportador de frutas do Brasil, afetando na procura por áreas propícias ao desenvolvimento da agricultura irrigada e conseqüentemente valorizando áreas irrigadas e com produção frutífera. Qy *et al.*, (2023), estudando as diferenças de preços de terras estatais e privadas na China, perceberam que as áreas com produção de grãos, estatais e privadas, têm uma menor diferença de preço do que as áreas sem produção de grãos. Donoso *et al.*, (2013) também concluíram que as áreas de frutas para exportação são um fator que valoriza uma propriedade rural. Estudando a evolução do preço das terras rurais no Chile entre

1980 e 2007, Foster *et al.*, (2016) concluíram que as terras com maior valorização no período e maior valor médio por hectare foram as áreas especializadas no setor de frutas orientadas para a exportação. Zhllima (2021) defende que o tipo de atividade agrícola desenvolvida na propriedade é importante para a sua valorização.

Outro fator analisado na influência do preço da terra foi a precipitação. Diferente de grande parte da literatura não foi significativa para ser incluída no modelo de precificação de terras para o Estado do Ceará e apresentou baixo coeficiente de correlação (Tabela 3). Para De Resende (2002), uma das explicações para a diferença do preço das terras para agricultura no Cerrado de Mato Grosso (MT) – Brasil, e no Estado do Paraná (PR) – Brasil, é que a distribuição das chuvas em MT é muito mais irregular do que no PR impactando diretamente nas atividades que podem ser desenvolvidas, restringindo-as à produção de grãos e pecuária de corte. Apesar da diferença dos valores de terras entre esses dois Estados terem diminuído ao longo desses 20 anos, de acordo com dados da IHS MARKIT (2021), as terras no Paraná ainda possuem valores médios duas vezes superiores às terras de Mato Grosso. Hossain *et al.*, (2020), estudando o impacto da mudança climática nos preços das terras em Bangladesh, concluíram que a precipitação é um dos fatores que influenciam positivamente os valores das terras agrícolas. Mendelshon (1994) detectou resultado semelhante para os EUA e Peeters (2015) afirma de maneira geral que o Clima é um dos fatores determinantes de preço de terras na Bélgica.

Uma das justificativas para a baixa influência da pluviosidade no valor da terra nua no Ceará, quando consideramos todas as regiões determinadas pela FUNCEME, é que estão incluídas nas regiões de serra, alguns municípios localizados fora das respectivas serras e com características eminentemente de sertão. Outro fator que impacta é que nas regiões de litoral, a FUNCEME considera muitos municípios que não fazem divisa com o Oceano e adentram muito na parte continental.

Considerando apenas os municípios localizados nas regiões de serra e no que se refere ao litoral apenas municípios que façam divisa com o oceano, obteve-se um melhor ajuste para efeito de correlação entre o valor da terra nua (VTN) e a pluviosidade média, conforme observa-se na Figura 7.

Uma explicação para a melhoria do ajuste é que os municípios localizados em cima das serras e próximos ao litoral têm maiores pluviosidades médias e preços de terras do que os municípios com características eminentemente de sertão. Portanto, esta nova organização das áreas deixa as regiões mais homogêneas refletindo diretamente numa melhor correlação entre as duas variáveis.

A influência da chuva no preço dos imóveis rurais é observada claramente na região do oeste baiano (Estado da Bahia – Brasil). De acordo com dados da IHS Markit (2021), as áreas para produção de grãos, localizadas nas regiões com pluviosidade anual superior a 1600 mm, têm um valor por hectare de R\$ 41.600/ha (quarenta e um mil e seiscentos reais por hectare) enquanto as áreas com precipitação abaixo dos 1600 mm anuais apresentam valor de R\$ 27.000/ha (vinte e sete mil reais por hectare). Para a tipologia de produção diversificada a valorização das áreas que estão localizadas em regiões mais chuvosas é de 113%.

No entanto, apesar de em muitos locais a chuva ser um fator que contribui positivamente para a valorização de imóveis rurais, para o caso específico do Ceará, a precipitação não foi estatisticamente significativa para fazer parte do modelo. Um aspecto que explica este resultado é que, apesar de haver variação de quantidade de precipitação nas regiões do estado do Ceará, mesmo nas áreas que mais chove, não é suficiente para que possa haver produção agrícola o ano inteiro dependente exclusivamente da disponibilidade hídrica decorrente da chuva.

5.4.3 Análise de regressão

Pela análise da equação geral da regressão e das equações do apêndice III, percebe-se que o resultado vai ao encontro dos resultados obtidos nas análises bivariadas. Tendo a irrigação um elevado coeficiente quando comparado com as áreas de sequeiro, as áreas de agricultura com valor superior aos outros tipos de exploração, uma valorização nas tipologias de uso do solo semelhante da Figura 3 e coeficientes negativos para tamanho do imóvel e distância do centro urbano.

Segundo Nash (1970) os valores de NSE entre 0,35 e 0,7 são aceitáveis e acima desse valor são considerados bons. Assim, aplicando-se os valores de NSE na equação 09, tem-se que os valores de NNSE entre 0,60 e 0,77 são aceitáveis e os superiores são bons, atestando que o modelo tem uma boa eficiência. E de acordo com Collischonn (2001) valores de R² entre 0,36 e 0,75 para validação de um modelo é aceitável.

Das 36 tipologias de uso que o modelo é capaz de calcular o valor da terra nua, 25 foram testadas para a validação, sendo que, dessas, oito tipologias de uso apresentaram valores de NNES ou R² que atestam que o modelo é aceitável para estimar o valor da terra nua. De acordo com a Tabela 8, tem-se que o modelo é bem formulado para a previsão de imóveis tendo as tipologias sem exploração de sequeiro e irrigada e mista irrigada, com 100% dos imóveis testados dentro do intervalo de confiança. E para qualquer das tipologias testadas, o percentual de imóveis dentro do IC foi sempre superior a 75%. Com a modelagem definida, trabalhou-se

na construção de um aplicativo (<https://terranua-hidrosed-v1.streamlit.app/>) para auxiliar a estimar o valor da terra nua no estado do Ceará.

Ressalta-se que o aplicativo serve para consulta de preços de terra em todo estado do Ceará, conforme as características do imóvel, mas não substitui a avaliação de imóveis rurais que deve seguir metodologia própria conforme preconizado pela ABNT. No entanto, a ferramenta é um grande avanço em relação as planilhas de consulta de preços estáticas que temos hoje, pois ela permite simular preços de imóveis com diversas características diferentes, inclusive por meio do tamanho do imóvel e da distância ao centro urbano.

5.4.4 Demanda por energia limpa como possível fator de valorização de imóveis rurais

Apesar de não ter sido uma das variáveis objeto desse estudo, a procura por imóveis que possam ser geradores de energia eólica ou solar, no Ceará, é um fator que merece destaque e aprofundamento em pesquisas futuras, pois trata-se de um aspecto que pode trazer impactos de grande relevância para o mercado de terras em função da transição da matriz energética.

A demanda por fontes limpas de energia e a diversificação da matriz energética ocasiona a busca por novas áreas para implantação de parques eólicos e solares. O Ceará possui características climáticas, sol o ano inteiro e uma extensa área de faixa litorânea com bons ventos, favoráveis a geração de energia renovável. De acordo com dados oficiais do Ministério de Minas e Energia (2023), o estado do Ceará é um dos maiores produtor de energia limpa do Brasil, sendo o terceiro maior produtor em energia eólica e o sexto maior em energia solar, produzindo, respectivamente, 2541,05 MW e 804,42 MW. Para além disso, o Ceará é pioneiro no Brasil, na produção de H2V (Hidrogênio Verde) e está localizado estrategicamente para produção de H2V, tendo o Porto do Pécem com excelente infraestrutura para o escoamento desse produto para o mercado internacional.

Todos esses fatores estratégicos de geração de energia limpa, aumenta a demanda por áreas rurais para investimento no setor ocasionando especulação no mercado de terras e consequentemente aumento no valor das propriedades rurais. Situação semelhante já ocorreu no passado quando do investimento em hidroelétricas, de acordo com Acselrad (2010), a construção da usina hidroelétrica de Tucuruí foi responsável tanto pelo aumento do preço dos imóveis na região como pela dinamização do mercado de terras local.

Estudando o impacto dos parques solares no município de Parazinho (localizado no estado do Rio Grande do Norte, RN, – Brasil), Bezerra *et al.*, (2017) citam dentre os impactos positivos, a valorização da propriedade. Maia *et al.*, (2023) aponta que um dos fatores decorrentes da regularização fundiária em áreas de potencial eólico em Santa Luzia, estado da

Paraíba – Brasil, foi o inflacionamento no preço das propriedades rurais. Outra importante consequência da chegada dos parques eólicos aos municípios do semiárido nordestino é a elevação do preço da terra rural (TRALDI, 2018). Ainda de acordo com este autor, as terras na região Oeste do Município de João Câmara – RN, antes da chegada dos parques eólicos variavam de R\$ 200 a R\$ 1000 por hectare e após a instalação o valor subiu para R\$ 5000 a R\$ 7000 por hectare. Estes casos de valorização das propriedades rurais decorrentes da implantação de parques eólicos em estados vizinho ao Ceará, denota a importância de nos atermos a esta variável. Estudos futuros devem aprofundar nas discussões sobre essas questões.

5.5 CONCLUSÕES

As variáveis área do imóvel e distância do centro urbano são inversamente proporcionais ao preço, havendo diferença significativa em todos os tamanhos de extrato de área e estabilizados, em relação a distância, para imóveis localizados acima de 7 km do centro urbano.

O potencial de irrigação é um fator fundamental para a valorização dos imóveis rurais estando diretamente associado aos solos de aluvião, a prática da agricultura e a tipologia de alto rendimento, que em conjunto definem as propriedades mais valorizadas.

Além disso, a possibilidade de irrigação está relacionada a valorização de imóveis menores, pois o tamanho médio das áreas irrigadas é inferior a 27 há e a precipitação foi a única variável que não foi significativa para compor o modelo multivariado.

Por fim, o modelo multivariado estimado foi testado, por meio de 123 imóveis de diferentes tipologias, e obteve-se sempre valores acima de 75% dos imóveis testados dentro do intervalo de confiança, demonstrando boa adequação para a predição de valores de terras no estado do Ceará.

6 EFEITO DA OPERAÇÃO DE IRRIGAÇÃO EM RESERVATÓRIOS NÃO ESTRATÉGICOS NA VALORIZAÇÃO DE IMÓVEIS RUAIS: O CASO DA FAZENDA ORIENTE-CEARÁ

RESUMO: A disponibilidade de água sem o devido uso pode não ser suficiente para gerar uma valorização na terra nua de um determinado imóvel. Sendo assim, objetivou-se entender como a disponibilidade hídrica utilizada para irrigação pelo modelo NeStRes é uma variável que pode ser importante para a valorização de imóveis rurais. Um estudo de caso foi realizado na Fazenda Oriente com área de 599,33 ha (quinhentos e noventa e nove hectares e trinta e três ares), localizada no município de Forquilha – CE, em uma região de caatinga no semiárido do Nordeste brasileiro, caracterizada por precipitação média bem inferior a evapotranspiração potencial. A distância do imóvel para a sede do Município é de apenas 13 km. Os dados utilizados para avaliação foram oriundos de pesquisa de preço realizada pelo INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. O levantamento detalhado das características dos açudes da Fazenda Oriente, para a determinação da capacidade de armazenamento, se deu por meio de levantamento em campo com a utilização de GPS geodésico. Inicialmente foi analisado se a simples presença de açudes na propriedade é suficiente para ocasionar a valorização dos imóveis. Numa segunda análise, realizou-se estudo da viabilidade, agrônômica e econômica, de utilização intensiva da água para uso na irrigação do Sorgo (*Sorghum bicolor*) seguindo a metodologia do modelo NeStRes e por fim, avaliou-se a fazenda Oriente na perspectiva de sequeiro e irrigada. Concluiu-se que: apenas a presença de açude não é suficiente para valorizar um imóvel rural; há viabilidade agrônômica e econômica para irrigação utilizando o modelo NeStRes; e há valorização da Fazenda Oriente caso seja utilizada a irrigação.

Palavras-chave: açudes; sorgo (*Sorghum bicolor*); valor da terra nua (VTN).

ABSTRACT: The availability of water without proper use may not be enough to generate an appreciation in the bare land of a given property. Therefore, the objective was to understand how the water availability used for irrigation by the NeStRes model is a variable that can be important for the appreciation of rural properties. A case study was carried out at Fazenda Oriente with an area of 599.33 ha (five hundred and ninety-nine hectares and thirty-three ares), located in the municipality of Forquilha – CE, in a caatinga region in the semi-arid region of Northeastern Brazil, characterized by average precipitation much lower than potential evapotranspiration. The distance from the property to the Municipality headquarters is only 13 km. The data used for evaluation came from price research carried out by INCRA – National

Institute of Colonization and Agrarian Reform. The detailed survey of the characteristics of the Fazenda Oriente dams, to determine the storage capacity, was carried out through field surveys using geodetic GPS. Initially, it was analyzed whether the simple presence of dams on the property is enough to increase the value of the properties. In a second analysis, a study of the agronomic and economic feasibility of intensive use of water for use in irrigation of Sorghum (*Sorghum bicolor*) was carried out following the methodology of the NeStRes model and finally, the Oriente farm was evaluated from a rainfed perspective and irrigated. It was concluded that: just the presence of a dam is not enough to increase the value of a rural property; there is agronomic and economic viability for irrigation using the NeStRes model; and Fazenda Oriente will increase in value if irrigation is used.

Keywords: dams; sorghum (*Sorghum bicolor*); bare land value (VTN).

6.1 INTRODUÇÃO

O primeiro relato à açudagem é do Pe. Manoel de Jesus Borges (meados de 1700), quando o religioso fez a requisição de terras “para que se metam muitos gados (...) e fazer açudes onde houver capacidade” (FARIA, 1978). No Nordeste do Brasil, em decorrência das secas de 1825, 1827 e 1830, deu-se início a política de açudagem voltada para o abastecimento humano e animal. No entanto, na atual dinâmica da sociedade, é necessário pensarmos numa política de açudagem com múltiplas funções e perspectivas relacionadas as intencionalidades dos diferentes agentes sociais, econômicos e jurídicos a partir da conjectura, das demandas e complexidades como produtos e processos. É, portanto, essencial inserir paralelamente à discussão da gestão dos recursos hídricos no semiárido, a questão das múltiplas finalidades relacionadas ao uso e parcelamento do solo, utilizando a bacia hidrográfica como unidade básica do planejamento (NETO e CIRÍCIO, 2022).

Devido à irregularidade das chuvas e aos baixos índices pluviométricos, a região semiárida enfrenta um problema crônico, falta de água, prejudicando o desenvolvimento das atividades agropecuárias (MACIEL e GOMES, 2021). De acordo com Aziz Ab’Sáber (2003), é que, dentre os objetivos na implantação de grandes açudes, geralmente, não está contemplada a parte agrícola, amplamente difundida, sendo beneficiado um pequeno número de agricultores.

Objetivando-se a mitigação das secas, houve a disseminação da construção de pequenos e médios açudes nas propriedades privadas localizadas no semiárido do Nordeste do Brasil com o objetivo de aumentar a quantidade de água disponível para a produção e diminuir as incertezas relacionadas à disponibilidade hídrica nos imóveis rurais. Mesmo com a expansão da política de açudagem no Nordeste, não foi possível resolver os problemas de uso e acesso à água, sendo um dos motivos, a perda d’água por evaporação e problemas nas funcionalidades dos açudes (FERNADES, *et al.*, 2021).

O gerenciamento do uso da água nos açudes de propriedade privada, na grande maioria das vezes, é ineficiente, pois não maximiza o uso da água perdendo uma quantidade considerável por meio da evaporação. De acordo com de Silans (2003), mesmo sem nenhuma utilização da água armazenada, um açude pequeno, com 100.000 m³ de água armazenados ao final da estação chuvosa, perde no primeiro mês subsequente a esta, em torno de 15.000 m³, e, a metade do volume armazenado é perdida em apenas 115 dias.

Para mitigar o problema da elevada evaporação, o modelo NeStRes foi desenvolvido por Brasil & Medeiros (2020) com o objetivo de melhorar a gestão e uso racional das águas dos açudes não estratégicos como suplementação hídrica para as culturas de ciclo curto, de modo a elevar a renda com a produção adquirida. O modelo foi utilizado para as

simulações de irrigação neste estudo e é composto pelos seguintes módulos: hidrológico – no qual se determina a disponibilidade de água nos açudes por meio de simulações do balanço hídrico para quantificação das entradas e saídas hídricas nos reservatórios e determinação dos diferentes níveis de vazões regularizadas; agrícola – para cálculo do consumo de água pela cultura e cálculo da área plantada; e econômico – para determinação da renda líquida.

Para além do uso eficiente da água, o uso da irrigação, por meio do aproveitamento da água armazenada em pequenos e médios açudes localizados em propriedades privadas, pode proporcionar um aumento na produtividade do imóvel. A utilização da irrigação na estação seca, como forma de reduzir os efeitos da sazonalidade e aumentar a produção de biomassa das forrageiras tropicais tem crescido muito (VIANA, 2005). Segundo Teixeira *et al.*, (2013), a intensificação da produção de leite em pastagens se torna uma solução viável para propriedades leiteiras. Contudo, essa intensificação se depara com a estacionalidade da produção de forragem ao longo do ano, que pode ser amenizada com a utilização da irrigação.

O uso de tecnologias, como irrigação e conservação de forragem, garante a produção durante o ano inteiro permitindo a competitividade da empresa frente à irregularidade na distribuição das chuvas, que se apresenta como um fator limitante, principalmente na região Nordeste (LIMA, 2012). Estudando a viabilidade da atividade de pecuária leiteira no município de Quixeramobim – CE, Holanda Júnior e Campos (2003) detectaram que a escassez de alimento na estação seca, constatada em 75% dos produtores entrevistados, é um dos principais fatores limitantes da atividade leiteira do Município. Teel (2019) aponta que a possibilidade de produção de forragem é uma das mais importantes vantagens das barragens de areia.

Uma alternativa para manutenção do fornecimento de proteína para pecuária leiteira durante a estação seca é a irrigação de áreas por meio da água dos açudes não estratégicos e posteriormente proceder o armazenamento por meio da silagem das seguintes culturas: Sorgo (*Sorghum bicolor*), Milho (*Zea mays*), Milheto (*Pennisetum glaucum*) e Palma (*Opuntia ficus-indica*). Para este estudo, decidiu-se trabalhar com o sorgo por tratar-se uma cultura mais tolerante a regiões salinas e de baixa disponibilidade hídrica, além de ter custo de produção inferior ao do milho e adaptar-se a diferentes tipos de solos.

Um outro benefício que pode ser gerado com o aumento na produtividade do imóvel, devido ao aproveitamento da água armazenada nos açudes não estratégicos para a irrigação e produção de forragem, é a valorização do imóvel rural, pois o tipo de uso influencia no valor da terra (ZROBEK, 2020; ZRÓBEK-SOKOLNIK, *et al.*, 2017; e HELBING *et al.*, 2017). Silva (2007) concluiu que potencial de irrigação é um dos fatores que influencia diretamente no valor dos imóveis. Para Foster *et al.*, (2016), as características climáticas são

outros fatores que podem explicar valorização de terras frente a outras regiões com características diferentes. De acordo com Sekác *et al.*, (2017) a proximidade de rios é uma variável que influencia na valorização de uma fazenda e Uematso *et al.*, (2013) afirmam que alta disponibilidade hídrica é um fator que valoriza principalmente os imóveis com alto valor de mercado.

Neste contexto, algumas perguntas são suscitadas: i) a presença de açudes numa propriedade é suficiente para valorizá-la? Qual o efeito do cultivo agrícola na maximização da renda com uso do modelo de operação de reservatórios não estratégicos para irrigação – NeStRes? O uso da irrigação pelo modelo NeStRes é capaz de proporcionar a valorização de uma propriedade rural?

Dessa forma, objetiva-se avaliar a influência da utilização de reservatórios hídricos na valorização de imóveis rurais.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1 Considerações gerais

A disponibilidade hídrica é uma variável que pode ser importante para a valorização de imóveis rurais. No entanto, a disponibilidade de água sem o devido uso pode não ser suficiente para gerar uma valorização na terra nua de um determinado imóvel. Sendo assim, classificou-se os imóveis em seis tipologias de uso do solo, de acordo com as características edáficas e uso potencial, e foi analisado se a simples presença de açudes na propriedade é suficiente para ocasionar a valorização dos imóveis.

Numa segunda análise, realizou-se um estudo de caso na Fazenda Oriente com levantamento em campo das características edafoclimáticas, coleta de solo e água (Tabela 12 e apêndices VIII e IX) e levantamento topográfico dos açudes para determinação da sua capacidade de armazenamento (Figura 1). Após o levantamento dos dados, realizou-se estudo da viabilidade, agrônômica e econômica, de utilização intensiva da água potencialmente disponível nos açudes do Cocho, da Mangueira, dos Urubus e do Tião para uso na irrigação seguindo a metodologia do modelo NeStRes.



Figura 1 – Levantamento topográfico dos açudes

Por fim, foram realizadas duas avaliações de preço de mercado da Fazenda Oriente, para a determinação do valor de mercado em ambos os cenários: com método de produção de sequeiro sem utilização da irrigação e outra na perspectiva de produção irrigada utilizando a metodologia do modelo NeStRes.

6.2.2 Influência de açudes na valorização de imóveis rurais

A área de estudo, a amostragem e tratamento dos dados e pesquisa de preço de terras, a definição das tipologias de uso do solo e o cálculo do valor da terra nua seguiram a metodologia disposta no capítulo um. Após os procedimentos elencados acima, dividiu-se a amostra nas respectivas tipologias de uso do solo, segregando-as em imóveis que possuem açude e nos que não possuem açude. Em seguida, realizou-se a estatística do teste t (p value 0,05), para avaliar se há diferença significativa entre os grupos (Field, 2018).

6.2.3 Aplicação do modelo NeStRes na fazenda Oriente

6.2.3.1 Características da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Oriente (Figura 2), com área de 599,4560 ha (quinhentos e noventa e nove hectares, quarenta e cinco ares e sessenta centiares), localizada no município de Forquilha – CE, em uma região de caatinga no semiárido do nordeste brasileiro, caracterizada por precipitação média bem inferior a evapotranspiração potencial. A distância do imóvel para a sede do Município é de apenas 13 km, sendo, destes, 8 km em estrada não pavimentada e 5 km em rodovia pavimentada (BR-222). De acordo com Kozma (1986), com estas características o imóvel possui uma situação classificada como Boa. Segundo a Fundação de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), a precipitação média para a região de localização do imóvel é de 747,4 mm/ano. De acordo com a classificação climática de Kopen (1928) o município de Forquilha possui clima Aw (Tropical com Inverno Seco), com temperatura média anual de 28°C. Já para Thornthwaite (1948) o clima da região é classificado como semiárido.

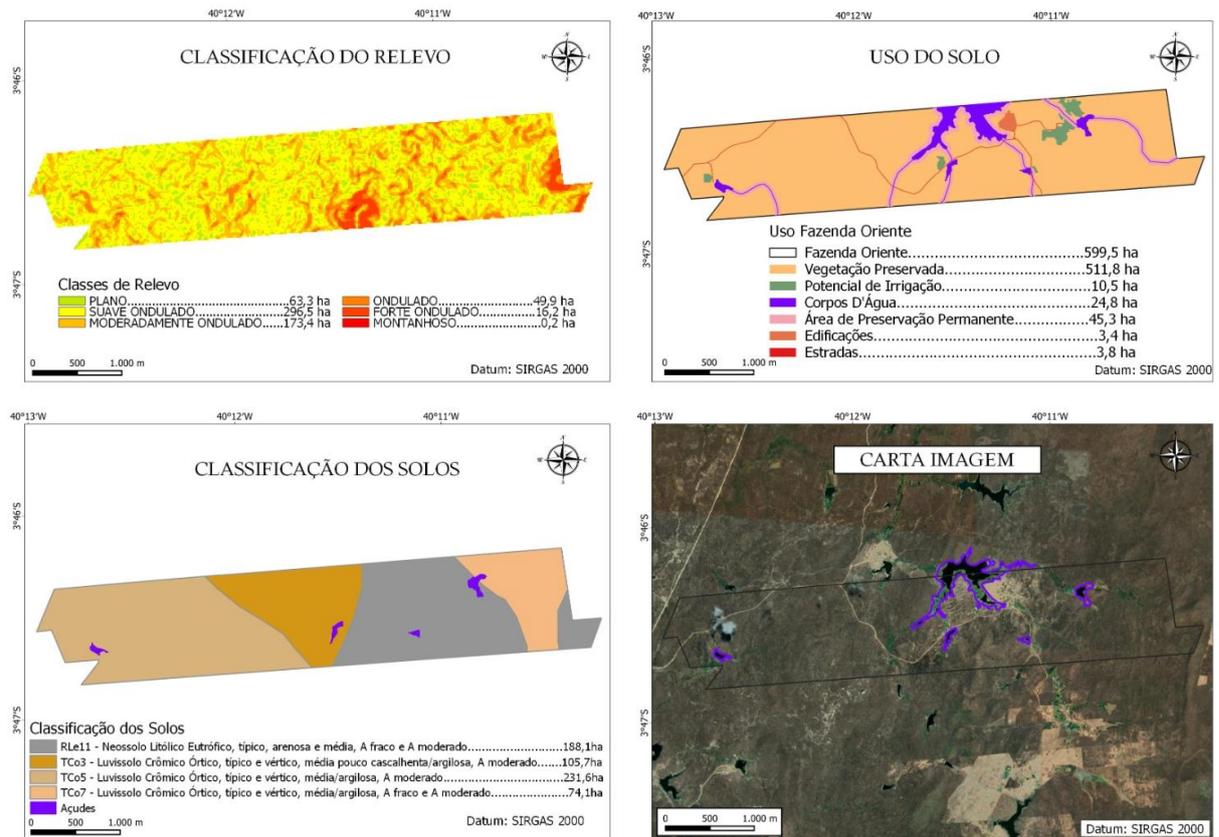


Figura 2 – Características do imóvel: localização, relevo, classes de solo, uso do solo, e carta imagem

Como pode ser observado na Figura 2, a maior parte do solo da Fazenda Oriente é classificado como Luvissole Crômico Órtico típico que possui alta representatividade dentre os solos do Nordeste brasileiro com cerca de aproximadamente 107 mil km², Manzatto *et al.*, (2002), ocupando grande extensão nas áreas cristalinas sertanejas associados ao relevo suavemente ondulado, em condições de drenagem livre (RIBEIRO *et al.*, 2009). Os Luvissoles da região de localização do imóvel têm sua formação mineralógica composta principalmente por horblenda, feldspatos e biotita (MOTA, 1997). São solos com elevada fertilidade natural, dotados de argilas com alta capacidade de retenção de íons trocáveis e saturação por bases também alta nos horizontes subsuperficiais, imediatamente abaixo de horizontes do tipo A fraco ou moderado (MANZATTO *et al.*, 2002).

Em menor representatividade, o imóvel objeto deste estudo também é constituído por Neossolo Litólico Eutrófico típico que são solos com elevado afloramento rochoso constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, ocasionando uma alta suscetibilidade à erosão. Possuem, geralmente, pH entre 5,5 e 6,5 e quando eutrófico possuem de média a alta saturação de bases. Está presente em toda região semiárida do Nordeste

com um total de 143.374 km², representando 19,2% dessa região (JACOMINE, 1996). Devido a sua formação rochosa e a pouca profundidade, caracterizam-se por serem solos com baixa capacidade de armazenamento de água Alho (2007) e com limitações físicas ao crescimento do sistema radicular das plantas, contribuindo assim para intensificar ainda mais o efeito do estresse hídrico nas plantas cultivadas (CARDOSO *et al.*, 2002).

Para a determinação das classes de declividade foram utilizados os parâmetros da Tabela 1 (EMBRAPA, 1979).

Tabela 1 - Classificação da Declividade Segundo a EMBRAPA (1979)

Declividade	Discriminação relevo
0 a 3	Plano
> 3 a 8	Suave Ondulado
>8 a 13	Moderadamente Ondulado
> 13 a 20	Ondulado
> 20 a 45	Fortemente Ondulado
> 45 a 75	Montanhoso
> 75	Fortemente Montanhoso

Conforme podemos observar na Figura 2, a Fazenda Oriente, de acordo com a classificação da EMBRAPA (1979), só não possui solos na classe de declividade fortemente montanhosa, sendo que a maior parte tem o relevo classificado como suave ondulado, que de acordo com o trabalho de Ramalho Filho e Pereira (1999), enquadra-se em imóvel ligeiramente suscetível a erosão. Em menor parte, temos o relevo montanhoso que é exatamente onde inicia as bacias hidrográficas de contribuição dos Açudes Mangueira, Tião e Urubus.

O imóvel localiza-se, mais especificamente, numa área de Caatinga Arbustiva Aberta. Este tipo de vegetação é característica de regiões com solos rasos arenosos ou ricos em cascalhos sob um período seco de oito a nove meses (LEAL *et al.*, 2003). Alguns autores, como é o caso de Andrade e Lima (1982), atribuem a causa para o porte da Caatinga Arbustiva Aberta à pastagem excessiva. Para Alves e Araújo (2009), o superpastoreio de caprinos, ovinos e bovinos tem modificado a composição florística não só do extrato herbáceo, mas também do extrato arbóreo-arbustivo, pela pressão do pastejo. Sendo, portanto, a produção de forragem para fornecimento de alimentação no cocho uma boa alternativa para a melhoria desse problema.

6.2.3.2 Aptidão agrícola da fazenda Oriente

Um dos principais trabalhos que leva em consideração à declividade das terras associada ao nível de manejo, para a definição das condições agrícolas das terras, é a classificação da aptidão agrícola de terras, Ramalho Filho e Beek (1995), que foi desenvolvida como uma reação à classificação da capacidade de uso das terras, a qual havia demonstrado ser inadequada para classificar o potencial de terras em um país, onde, segundo Beek (1978), níveis de tecnologia muitos diferentes convivem lado a lado.

O sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras é uma avaliação física das terras, baseada nas suas qualidades e leva em consideração três níveis de manejo, que visam diagnosticar o comportamento das terras em diferentes níveis tecnológicos: nível de manejo A (baixa tecnologia), B (média tecnologia) e C (alta tecnologia) (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995).

De acordo com este sistema de aptidão, os seguintes fatores determinam as condições agrícolas das terras: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água ou deficiência de oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. Sendo que os dois últimos estão diretamente associados à declividade do terreno. Tendo por base as classes de declividade da Fazenda Oriente e os parâmetros de aptidão agrícola para pastagem plantada, a Fazenda Oriente classifica-se no subgrupo 4P (B) (C) – Terras pertencentes a classe de aptidão boa para pastagem plantada desde que utilizada média e alta tecnologia.

6.2.3.3 Aplicação do modelo NeStRes

O modelo NeStRes objetiva a utilização otimizada da água de açudes não estratégico para irrigação, maximizando a renda da propriedade rural e é composto por módulos: hidrológico, agrícola e econômico. De maneira ampla, pode-se considerar açudes estratégicos àqueles monitorados pelo poder público, para atendimento do abastecimento humano nas cidades e que apresentam vazão regularizada com elevada garantia. No entanto, quando se analisa uma pequena região rural ou até mesmo um imóvel rural isoladamente, determinados açudes podem ser tratados como estratégicos.

No caso específico da fazenda Oriente, há cinco açudes: Sede, Cocho, Mangueiras, Urubus e Tião. O açude Sede é o maior deles, não há relatos de seca total entre duas estações chuvosas e serve para abastecimento humano e dessedentação animal. Portanto, para análise de viabilidade de uso do NeStRes, o açude Sede será tratado como açude estratégico para a fazenda Oriente e não terá utilização de sua água para irrigação.

Determinou-se o volume dos reservatórios e as demais características topográficas de acordo com os dados levantados em campo (Figura 3) e avaliou-se a viabilidade da irrigação para os açudes objetos desse estudo para determinar a renda maximizada e área ótima de cultivo, utilizando o modelo NeStRes, considerando dois cenários de época de venda da cultura (venda pelo preço médio logo após o cultivo e venda após armazenamento aguardando um período de preços elevados). Por fim, avaliou-se os parâmetros de solo e água para a produção de sorgo na fazenda Oriente (Tabela 12 e apêndices VIII e IX) para determinar se, mesmo havendo viabilidade econômica determinada pelo NeStRes, há algum outro parâmetro agrônômico que possa inviabilizar a produção.

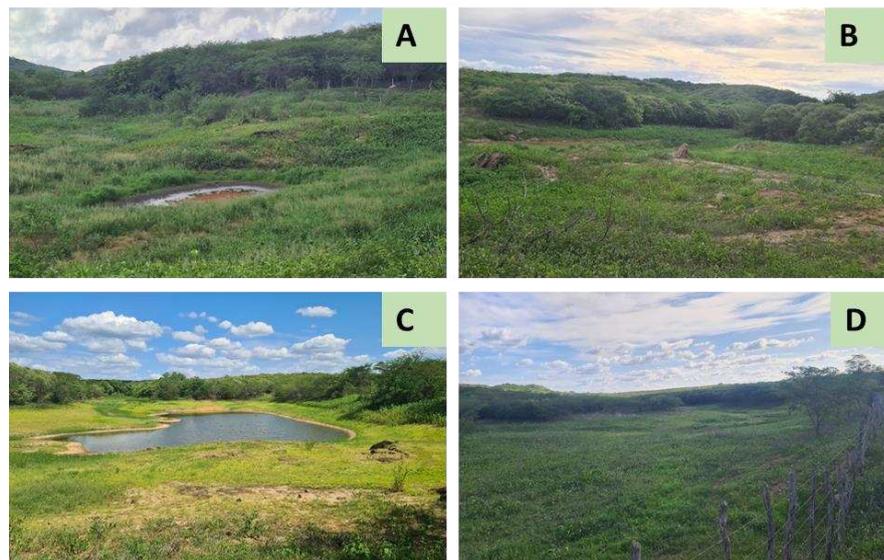


Figura 3 – Açude das mangueiras (A); Açude do Tião (B); Açude do Cocho (C); Açude dos Urubus

Para os quatro açudes com simulações de irrigação efetuadas, foram realizadas coletas de água e solos na parte agricultável a jusante do açude (Tabela 12 e apêndices VIII e IX). Também foi realizado o levantamento topográfico dos açudes para obter uma estimativa precisa do volume com base nas curvas de nível (Figura 2). Para realizar o levantamento topográfico e obter os pontos cotados utilizou-se um receptor GNSS RTK, modelo i50. Os pontos foram coletados em uma malha de 10 m x 10 m para garantir uma representação precisa do terreno. Os dados coletados foram exportados do equipamento para serem processados no software Métrica Topo.

No software Métrica Topo, os pontos cotados foram interpolados e um Modelo Digital de Terreno (MDT) inicial foi gerado. O software utiliza o método de Delaunay para

criar malhas triangulares, priorizando a criação de triângulos com ângulos próximos a equiláteros, evitando triângulos com ângulos internos muito agudos (FELGUEIRAS, 2001). A qualidade do MDT gerado foi verificada e foram feitos ajustes necessários, como a remoção de pontos discrepantes ou a interpolação de pontos adicionais para preencher possíveis lacunas na cobertura do terreno.

A partir do MDT, foram geradas as curvas de nível no software Métrica Topo, com intervalos de equidistância de 1 m entre as curvas. Calculou-se o volume dos açudes com base nos sólidos formados pelas áreas delimitadas por curvas de nível consecutivas em uma superfície específica (SILVA E SEGANTINE, 2015). Utilizando as curvas de nível geradas, as áreas de cada cota do açude foram calculadas no software Métrica Topo e os dados foram lançados em uma planilha do Excel. O volume de cada seção foi calculado multiplicando a área média entre duas cotas pelo desnível entre as cotas. Para a seção mais profunda, utilizou-se o valor da área da cota multiplicado pelo desnível e por 1,3. O volume total do açude é obtido somando-se os volumes de todas as seções (Tabelas 7, 8, 9 e 10).

No módulo hidrológico, avaliou-se a disponibilidade de água nos açudes por meio de simulações do balanço hídrico para quantificação das entradas e saídas hídricas nos reservatórios e determinação dos diferentes níveis de vazões regularizadas (QW). O balanço hídrico no reservatório será estimado pela lei de conservação de massa conforme Brasil e Medeiros (2020) seguindo as Equações 01, 02 e 03:

$$\frac{\partial V(t)}{\partial t} = Q \rightleftharpoons in(t) - Qout(t) \quad (01)$$

$$Qin = Qvi + Qpi + Qgi \quad (02)$$

$$Qout = Qei + Qli + Qwi + Qoi \quad (03)$$

Em que: V_i – volume armazenado no reservatório no tempo no dia i , m^3 ; Q_{ini} – soma de todas as aflúências no dia i , m^3 ; Q_{outi} – soma de todas as efluências no dia i , m^3 ; Q_{Vi} – vazão afluyente no dia i , m^3 ; Q_{Pi} – precipitação direta sobre o lago no dia i , m^3 ; Q_{Gi} – recarga subterrânea no dia i , m^3 ; Q_{Ei} – evaporação do lago no dia i , m^3 ; Q_{Li} – infiltração no dia i , m^3 ; Q_{WPj} – volume de água regularizada potencial para suprimento da irrigação na garantia j , m^3 dia -1 ; Q_{Oi} – vertimento no dia i , m^3 .

A garantia do atendimento ocorre quando ao final de cada passo, o valor do volume de água regularizada potencial para suprimento da irrigação for menor que o volume armazenado no reservatório. Calculou-se a garantia de atendimento (G) do volume de retirada de água (QWP) por meio da Equação 04:

$$G = \frac{ND - \sum F}{ND} \quad (04)$$

Em que: ND – número de dias da simulação e; $\sum F$ – número total dias em que à volume regularizado potencial (QwP) não é atendida.

Para o cálculo de consumo de água pelo sorgo (ET_c), utilizou-se a evapotranspiração de referência (ET_0) estimada por meio do método da equação de Hargreaves e Samani (1985) e o coeficiente de cultivo (K_c), conforme a Equação 05:

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad (05)$$

Com base na demanda hídrica da cultura, ciclo e volume do reservatório no início do ciclo calculou-se a área cultivada máxima por meio das Equações 06 e 07:

$$A_{CMijk} = Máx \left\{ Min \left[\frac{V_{ij} - \left(\frac{A_i/2}{Ea/1000} \right)}{1,1 \times DC_k \times V_{dk}}, \frac{Q_{dj}}{V_{dk}} \right], 0 \right\} \quad (06)$$

$$Q_{WRijk} = \frac{LB_i}{1000} \times 10000 \times A_{CMijk} \quad (07)$$

Em que: A_{CMijk} – Área cultivada máxima no dia i, garantia j e cultura k, ha; V_{ij} – volume do reservatório no dia i e garantia j, m^3 ; A_i – área do espelho d'água do reservatório no dia i, m^2 ; Ea – evaporação anual total, mm; DC_k – total de dias do ciclo da cultura k, dia; V_{dk} – volume diário por área para a cultura k, $m^3 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$; Q_{dj} – Vazão diária disponível na garantia j, $m^3 \text{ dia}^{-1}$; Q_{WRijk} – volume de água real retirada para atendimento da irrigação no dia i, garantia j e cultura k, m^3 .

Calculou-se o custo de produção total da cultura, multiplicando-se o custo unitário em reais por hectare, definido através de pesquisa aplicada diretamente com um produtor de sorgo irrigado no Ceará, pela área total de produção calculada pela Equação 07. O outro custo, o de implementação do sistema de irrigação, foi determinado por meio de pesquisa de preço

com engenheiro agrônomo projetista. O custo total da cultura foi efetuado por meio Equação 08:

$$CT_{jkrR} = CT_{ijk} + CI_r + CE_i \quad (08)$$

Em que: CT_{ijk} – custo total de produção para dia i , garantia j , cultura k e sistema de irrigação r , R\$; CI_r – investimento inicial para sistema de irrigação r , R\$; CE_i – custo da energia elétrica no dia i , R\$;

Por fim, calculou-se a receita líquida, maximizada através do uso otimizado da água, para cada um dos açudes a partir do rendimento relativo e do preço de venda da cultura (coletado junto à produtor rural de sorgo irrigado no Ceará).

Os valores dos parâmetros básicos para geração do resultado pelo modelo NeStRes estão dispostos na Figura 3 (açudes) e na Tabela 2 (Sorgo). Para cada ciclo da cultura foi considerado um período de folga de 10 dias entre o fim e o início do próximo ciclo. No módulo econômico foi aplicada a taxa de rendimento mensal de 0,65% ao mês, e uma taxa de juros de 13,25% ao ano sobre o saldo negativo³.

A tarifa elétrica calculada fora do valor de custo da produção foi extraída da tabela da Enel (2023), para produtor rural no valor de R\$ 0,20 kWh. O sistema de irrigação considerado no modelo foi por aspersão convencional e valor médio de investimento de R\$ 9.000 por hectare pesquisado junto à engenheiro agrônomo projetista.

Tabela 2 - Dados das culturas

Cultura	DH (mm)	DC (dias)	Z (cm)	Kc ₁	Kc ₂	Kc ₃	Kc ₄	Pr (kg/ha)	Custo (R\$·ha ⁻¹)	PM (R\$·kg ⁻¹)
Sorgo	600	110	0,30	0,52	0,65	1,05	1,10	68.000	8.621,20 ²	0,27 ³

¹ Kc – Coeficiente de cultura; DC – Duração do ciclo produtivo; Z – Zona radicular; DH - Demanda hídrica da cultura; PM – Preço de mercado.

² Apêndice X

³ Também foi simulado com preço de mercado a 0,32 R\$.kg⁻¹ e considerando os custos de armazenamento.

6.2.4 Avaliações do valor da terra nua da fazenda Oriente

6.2.4.1 Método de avaliação

Os procedimentos de avaliação da Fazenda Oriente têm como referência a Norma Brasileira Registrada – NBR – 14653-3 (ABNT, 2019) e o método de avaliação utilizado foi o

³ Taxa SELIC em agosto de 2023

método comparativo direto de dados de mercado – Tratamento por Fatores, que segundo De Camargo Lima (2014) é o método mais comum para se identificar o valor de mercado e:

“Este método procura identificar o valor baseando-se na comparação com outros imóveis transacionados ou ofertados no mercado, efetuando-se a homogeneização dos dados por meio de tratamento técnico dos atributos dos elementos comparáveis constituintes da amostra.”

De acordo com Silva *et al.*, (2011), o método comparativo de dados de mercado, é o procedimento mais utilizado, por sua relativa facilidade de uso e pela sua eficiência e o mais indicado para determinação do valor de mercado da terra nua, semoventes e de veículos. Bueno Vieira, (2023); Fronza, (2018); e Thofehn, (2011) também consideram o método comparativo de dados de mercado o mais utilizado para a determinação do valor de mercado de um bem, que é:

“Quantia mais provável pela qual se negociaria voluntariamente e conscientemente um bem, numa data referência, dentro das condições de mercado vigentes NBR 14653-3 (ABNT, 2019)”.

As seguintes etapas foram realizadas na avaliação da Fazenda Oriente: vistoria do imóvel para levantamento das características do imóvel, pesquisa de preços, realizada pelo INCRA, para coleta de imóveis semelhantes ao avaliando que foram transacionados ou estão em oferta, determinação do valor da terra nua (VTN) dos imóveis pesquisados, cálculo da nota agrônômica e fator área como fatores de homogeneização e saneamento estatístico da amostra.

6.2.4.2 Pesquisa de preço de terras

Os dados utilizados neste estudo são oficiais e advindos de pesquisa de preço realizada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA no ano 2020. A coleta de dados aconteceu no segundo semestre de 2020 e foram considerados os negócios realizados no período de até três anos anteriores à data da pesquisa, ou seja, agosto de 2017. Para correção dos valores monetários utilizou-se o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA - base outubro de 2021) que de acordo com Lourenço (2002) é o índice utilizado para medição da inflação do Brasil.

A coleta de informações dos imóveis, realizada por meio de trabalho de campo com entrevista, preenchimento da ficha de pesquisa de preço e visita in loco a todos os imóveis

pesquisados, foi composta com imóveis semelhantes ao avaliando e contendo negócio realizado (NR) e ofertas (OF). Ao todo, foram coletados 21 dados (NR: 16; OF: 5), sendo sete irrigadas e quatorze de sequeiro.

A ficha de pesquisa de preço contém as seguintes informações: nome da propriedade, município de localização, área, valor de venda ou oferta, data do negócio realizado, descrição da localização, tipo de tipologia de uso, nome do vendedor e comprador, descrição e caracterização das benfeitorias, das culturas plantadas e da disponibilidade hídrica. Também está presente na ficha a informação sobre se a propriedade é considerada de sequeiro ou irrigada.

Após entrevista e tabulação dos dados na ficha de pesquisa de preços, foi realizada visita in loco em cada um dos imóveis pesquisados, com o objetivo de demarcar a localização geográfica para medir a distância até o centro urbano do município e para delimitar seu perímetro para estudo das características dos solos.

6.2.4.3 Cálculo do valor da terra nua

De acordo com a definição da NBR 14653-3 (ABNT, 2019), o valor de uma propriedade rural é determinado pelo valor da terra nua (VTN) mais o valor das suas benfeitorias e a homogeneização dos dados deve ser realizada considerando o VTN, ou seja, subtrair o valor das benfeitorias do valor total do imóvel. Tendo sido as benfeitorias calculadas semelhantes à metodologia utilizada no capítulo um (1).

6.2.4.4 Cálculo da nota agronômica

Realizou-se um estudo edafológico para determinar o percentual de cada classe de uso da terra tanto para o imóvel avaliando como para os que compõem a amostra. Os fatores limitantes para determinação das classes de uso foram adaptados de Kzoma (1984), conforme podem ser observados na tabela do apêndice V. Posteriormente, a partir da coordenada coletada no trabalho de pesquisa de preço, realizou-se um estudo da localização e acesso da fazenda Oriente e de todas as amostras que compuseram a avaliação, enquadrando-as numa situação de acordo com o descrito na Tabela 3.

Tabela 3 - Situação do imóvel em relação a localização e acesso

Situação	Características		
	Terrestre	Importância da distância	Praticabilidade durante o ano
Ótima	Asfaltada	Não significativa	Permanente
Muito boa	Primeira classe não asfaltada	Relativa	Permanente
Boa	Não pavimentada	Significativa	Permanente
Regular	Estradas e servidões de passagens	Significativa	Sem condições satisfatórias
Desfavorável	Fechos nas servidões	Significativa	Problemas sérios na estação chuvosa
Má	Fechos e interceptada por córrego sem ponte	Significativa	Problemas sérios mesmo na seca

A nota agrônômica (NA) associa a Capacidade de Uso das Terras (critérios de classificação apêndice V) com a sua localização e acesso (Tabela 3). Para o cálculo da Nota Agrônômica utilizou-se o somatório do produto entre o percentual de cada classe de capacidade de uso das terras existente no imóvel rural pelo seu correspondente índice de correção indicado na Tabela 4.

Tabela 4 – Índices indicados para o cálculo da nota agrônômica

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Situação / Classes de capacidade de uso		100%	80%	61%	47%	39%	29%	20%	13%
Ótima	100%	1	0,800	0,610	0,470	0,390	0,290	0,200	0,130
Muito boa	95%	0,950	0,760	0,580	0,447	0,371	0,276	0,190	0,124
Boa	90%	0,900	0,720	0,549	0,423	0,351	0,261	0,180	0,117
Regular	80%	0,800	0,640	0,488	0,376	0,312	0,232	0,160	0,104
Desfavorável	75%	0,750	0,600	0,458	0,353	0,293	0,218	0,150	0,098
Má	70%	0,700	0,560	0,427	0,329	0,273	0,203	0,140	0,091

Fonte: Adaptado de FRANÇA, 1983 - Citado por ROSSI, 2005

6.2.4.5 Característica dos imóveis que compõe a amostra para avaliações da fazenda

Oriente

As Tabelas 5 e 6 contém os imóveis semelhantes a fazenda Oriente, que compuseram a amostra para as duas avaliações (sequeiro e irrigada), e as seguintes características: o valor da terra nua; a área; e o tipo de transação (NR ou OF) separados em imóveis de sequeiro e irrigados de acordo com a informação detalhada na ficha de pesquisa de preço. Ressalta-se que, tanto a fazenda Oriente como todas as amostras utilizadas na avaliação enquadram-se na tipologia de uso de baixo rendimento.

Tabela 5 – Características dos imóveis semelhantes a fazenda Oriente e com a produção de sequeiro

Imóvel	VTN (R\$/ha)	Área (ha)	Tipo de negócio
1	1.185,20	196	NR
2	585,60	90	NR
3	508,17	242	NR
4	497,48	61	NR
5	460,00	404	NR
6	433,58	649	NR
7	391,24	28	NR
8	375,38	117	NR
9	353,21	565	NR
10	345,55	136	NR
11	324,53	203	NR
12	320,18	352	NR
13	307,30	303	NR
14	257,76	190	NR

Tabela 6 – Características da amostra com imóveis semelhantes a fazenda Oriente e com a prática da irrigação

Imóvel	VTN (R\$/ha)	Área	Tipo de negócio
1	976	72	NR
2	439,2	162	NR
3	952,88	240	OF
4	2321,49	93	OF
5	467,70	250	OF
6	835,18	112	OF
7	769,44	155	OF

Nas amostras coletadas constam o Valor Total do Imóvel (VTI), mas não o valor das benfeitorias. Para o cálculo do percentual de benfeitorias utilizou-se de uma robusta base de dados e expertise com 377 avaliações de imóveis rurais realizadas pelo INCRA ao longo das últimas quatro décadas (1980 a 2020). Foram realizadas duas análises: i) quantificação do percentual representado pelas melhorias nos valores dos imóveis; ii) classificação dos imóveis avaliados pelo INCRA nas tipologias de uso do solo.

Em seguida, com os 377 imóveis alocados em suas respectivas tipologias, calculou-se o percentual médio de benfeitorias para os seis tipos de uso do solo. Por fim, as 465 amostras coletadas foram classificadas nas tipologias de uso do solo. O percentual médio de benfeitorias estimado pelo INCRA foi então aplicado para definir o valor das benfeitorias para cada um dos imóveis nos formulários de pesquisa de preços.

6.2.4.6 Saneamento da amostra

O saneamento dos dados para o cálculo do valor da terra nua seguiu a metodologia preconizada na NBR 14653-3 (ABNT, 2019), norma brasileira que regulamenta a avaliação de imóveis rurais no Brasil. A referida norma considera que quando se tem na amostra imóveis ofertados, deve-se calcular o Fator Fonte, que, representa a relação média entre o valor transacionado e o ofertado. Neste sentido, calculou-se o Fator Fonte por meio da Equação 09 para os imóveis ofertados que compõe a amostra:

$$FF = \frac{\frac{[\sum VTNNR]}{NNR}}{\frac{[\sum VTNOF]}{NOF}} \quad (09)$$

Em que: FF = Fator Fonte; $\sum(VTNNR)$ = Somatório do valor da terra nua dos imóveis transacionados; $\sum(VTNOF)$ = Somatório do valor da terra nua dos imóveis ofertados; NNR = Número de imóveis com negócio realizado; NOF = Número de imóveis ofertados.

Para os ajustes das distorções ligadas à diferença de preço por unidade de área, que sofrem quando o imóvel avaliando tem muita diferença da área dos imóveis que compõem a amostra, foram utilizadas as Equações 10 e 11 propostas por Deslandes (2002) para imóveis rurais.

$$FCA = (\sqrt[4]{\frac{Ai}{Aa}} + 1)/2 \text{ se } \frac{Ai}{Aa} \leq 30\% \quad (10)$$

$$FCA = (\sqrt[8]{\frac{Ai}{Aa}} + 1)/2 \text{ se } \frac{Ai}{Aa} > 30\% \quad (11)$$

Em que: FCA = Fator de correção de área; Ai = Área do imóvel amostral; Aa = Área do imóvel avaliando

De acordo com o item B.1.4.2 da NBR 14653-3 (ABNT, 2019) as características quantitativas do imóvel avaliando não podem ultrapassar 50 % dos limites observados na amostra, resguardado o campo de aplicação do fator de homogeneização utilizado. Neste sentido, calculou-se o fator nota agrônômica (NA) que é a razão entre a nota agrônômica do imóvel avaliando pela NA dos imóveis que compõem a amostra, e considerou-se imóveis semelhantes, ou seja, não expurgados da amostra, aqueles compreendidos entre o seguinte intervalo de 0,5 a 1,5 do fator nota agrônômica:

Com os valores do Fator nota agrônômica não expurgados da amostra, efetuou-se a multiplicação pelo valor da terra nua já corrigidos pelos fatores área e fonte, e realizou-se a análise para efetuar o segundo saneamento que de acordo com preconizado no item B.1.2.2 da NBR 14653-3 (ABNT, 2019), onde o preço homogeneizado de cada dado amostral, resultado da aplicação de todos os fatores de homogeneização, deve estar contido no intervalo de 0,50 a 2,00, em relação ao preço observado no mercado. Sendo assim, considerou-se para compor a amostra e calcular o valor médio da terra nua da fazenda avaliada, os imóveis de 50% a 200% do valor médio calculado após a aplicação de todos os fatores de homogeneização. Por fim, calculou-se o intervalo de confiança a 90% para definir a amplitude do valor de mercado da fazenda Oriente.

6.3 RESULTADOS

6.3.1 Influência de açudes na valorização de imóveis rurais

Apesar de entendermos que o estudo de valorização de uma determinada região ou tipo de imóveis deva ser realizada levando em consideração uma análise multivariada, é de suma importância, não só para o presente estudo, mas também para uma melhor compreensão sobre o mercado de imóveis no Ceará, o entendimento sobre o papel dos açudes na valorização de uma propriedade rural.

Analisando-se a Figura 4 (imóveis com e sem a presença de açudes divididos por tipologia de uso do solo), percebe-se que a simples presença de açudes na propriedade não foi suficiente para ocasionar a valorização dos imóveis nas seis tipologias de uso do solo. Mesmo não tendo diferença significativa, os imóveis menos valorizados (tipologia de uso restrito e de baixo potencial produtivo), foram os únicos em que a média de valor para as áreas com açudes foram superiores as áreas sem açudes, indicando que para esse tipo de imóveis uma valorização do VTN é mais possível do que para áreas mais valorizadas.

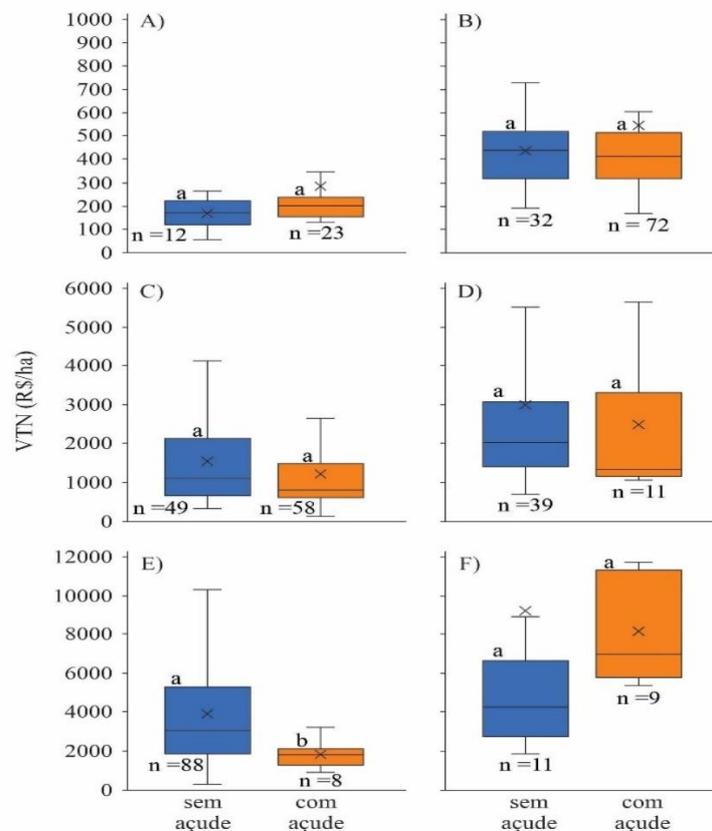


Figura 4. Valor da terra nua (R\$/ha) em relação à presença ou não de açudes na propriedade divididos nas tipologias de uso dos solos: Uso restrito (A); Baixa Produtividade (B); Média produtividade (C); Alta Produtividade (D); Terras Arenosas (E); e Terras de Aluvião (F).

6.3.2 Renda otimizada da fazenda Oriente advinda da irrigação pelo modelo NeStRes e análise dos parâmetros agrônômicos para produção do Sorgo

Seguem abaixo, Tabelas 7, 8, 9 e 10 e Figura 5 com as informações contendo as características topográficas (cotas dos açudes, área por cota, cálculo do volume de armazenamento, área da bacia hidrográfica, declividade da bacia e área da bacia de acumulação) dos reservatórios do Cocho, Tião, Mangueira e Urubus.

Tabela 7 - Volume de armazenamento (m³) do açude do Cocho⁴

Cota	Área (m ²)	Área média (m ²)	DN	Volume parcial (m ³)	volume total (m ³)
98,0	0,0	-	-		
99,0	469,6	234,8	1,0	610,5	610,47
100,0	2313,9	1391,7	1,0	1391,7	2002,20
101,0	5911,7	4112,8	1,0	4112,8	6115,00
102,0	10380,14	8145,9	1,0	8145,9	14260,92

Tabela 8 - Volume de armazenamento (m³) do açude da Mangueira⁵

Cota	Área (m ²)	Área média (m ²)	DN	Volume parcial (m ³)	volume total (m ³)
100,5	0				
101,0	158,9	79,4	0,5	103,3	103,27
102,0	1350,9	754,9	1,0	754,9	858,13
103,0	51111,3	26231,1	1,0	26231,1	26985,91
104,0	10730,4	30920,8	1,0	30920,8	57906,72
105,0	16673,8	13702,1	1,0	13702,1	71608,81
106,0	21515,4	19094,6	1,0	19094,6	90703,42
106,5	23958,51	22737,0	0,5	11368,5	102175,16

⁴ Área da bacia hidrográfica com 101 ha, declividade de 3,2%, área da bacia de acumulação de 1,03 ha.

⁵ Área da bacia hidrográfica com 166,74 ha, declividade de 6,5% e área da bacia de acumulação de 2,39 ha.

Tabela 9 - Volume de armazenamento (m³) do açude do Tião⁶

Cota	Área (m ²)	Área média (m ²)	DN	Volume parcial (m ³)	volume total (m ³)
102,5	0,0	-	-		
103,0	19,9	9,9	0,5	12,9	12,92
104,0	1547,7	783,8	1,0	783,8	796,71
105,0	3551,0	2549,4	1,0	2549,4	3346,07
106,0	5657,92	4604,5	1,0	4604,5	7950,53

Tabela 10 - Volume de armazenamento (m³) do açude dos Urubus⁷

Cota	Área (m ²)	Área média (m ²)	DN	Volume parcial (m ³)	volume total (m ³)
100,0	0,0	-	-		
101,0	1005,2	502,6	0,5	653,4	653,39
102,0	3346,4	2175,8	1,0	2175,8	2829,22
103,0	7041,5	5194,0	1,0	5194,0	8023,20
104,0	11848,53	9445,0	1,0	9445,0	17468,22

⁶ Área da bacia hidrográfica com 385,62 ha, declividade de 6,5% e área da bacia de acumulação de 0,56 ha.

⁷ Área da bacia hidrográfica com 42,32 ha, declividade de 9,58% e área da bacia de acumulação de 1,2 ha.

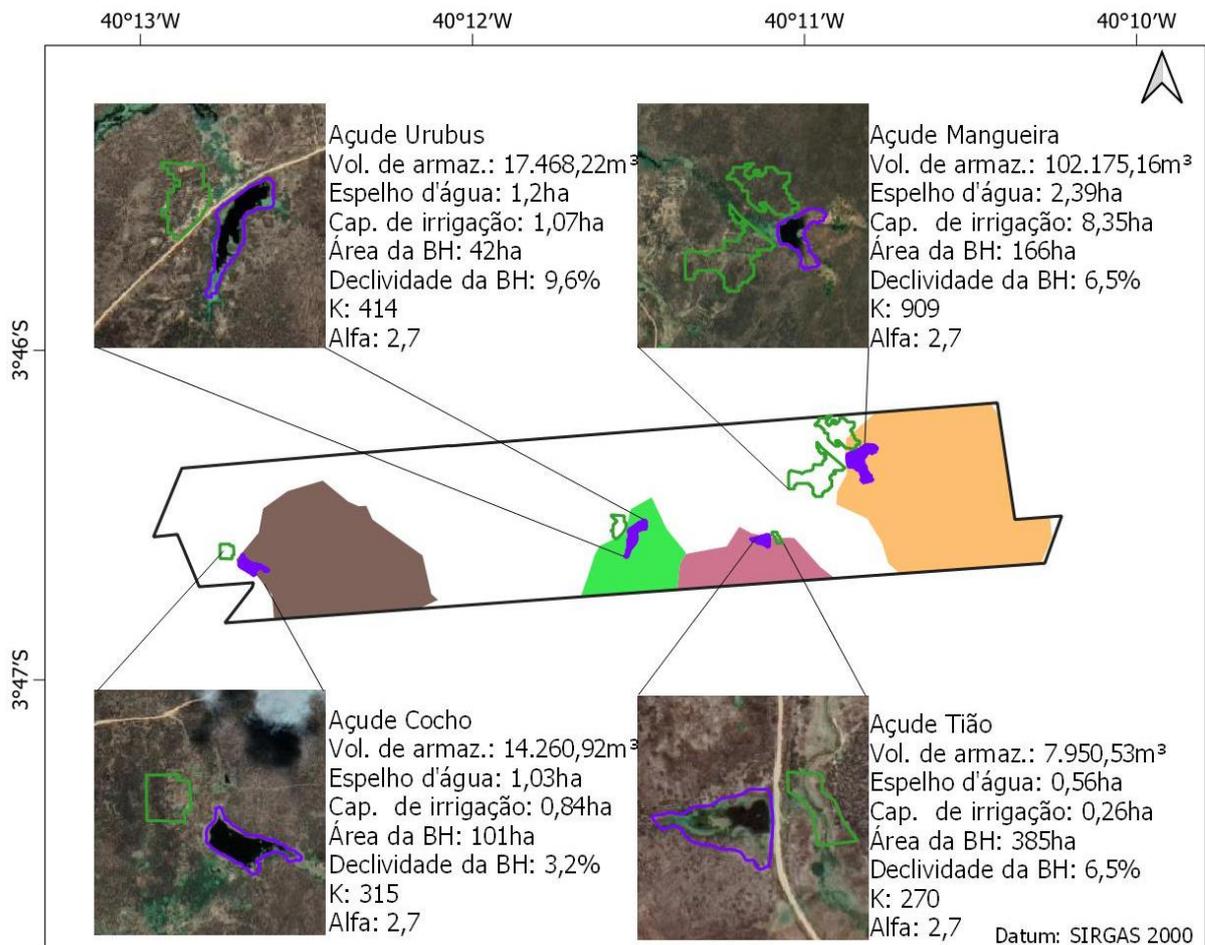


Figura 5 – Caracterização dos açudes com suas respectivas bacias hidrográficas e áreas de plantio

Observando-se a Figura 6, percebe-se que houve a viabilidade de irrigação em todos os reservatórios. No entanto, a irrigação do sorgo para forragem, por meio da disponibilidade hídrica do açude do Tião, foi viável para uma renda muito baixa e uma área muito pequena, tendo a renda sido maximizada em R\$ 302,52/mês com o melhor preço de venda e a área ideal de cultivo é de apenas 0,26 ha. Os açudes do Cocho e dos Urubus possuem área ideal para o cultivo e renda máxima esperadas muito semelhantes. Tendo o primeiro a área ideal de plantio é de 0,84 ha com uma renda otimizada no valor de R\$ 934,41/mês quando armazenada e vendida no período de alta de preços e no valor de R\$ 619,40/mês quando vendida no preço médio e o segundo uma área de plantio de 1,07 hectares com rentabilidades máximas de R\$ 1.029,18/mês e R\$ 751,80/mês.

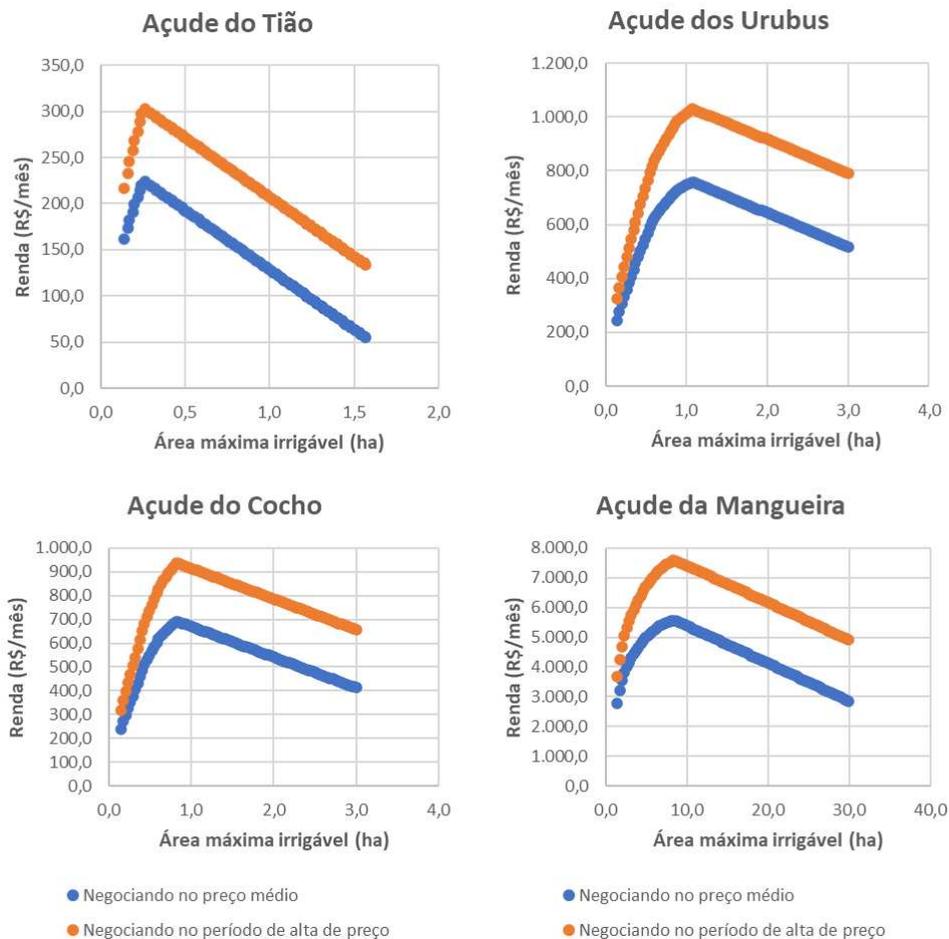


Figura 6 – Renda otimizada e área máxima de plantio para os quatro açudes negociado no preço médio e em alta de preço

De acordo com os dados da Tabela 8, o açude da Mangueira é o que possuiu a maior capacidade de armazenamento com um total de 102.175,16 m³. Quando se observa a renda maximizada para este açude (R\$ 7.573,03/mês) e a área ideal de plantio (8,35 ha) percebe-se que os valores são muito superiores aos outros reservatórios. Relativizando o valor da renda pela capacidade de armazenamento, o açude da mangueira também é o que possui a maior relação (Tabela 11).

A otimização do uso da água é de fundamental importância, principalmente para regiões semiáridas. Portanto, testou-se também (Tabela 11) a relação entre a renda maximizada e a capacidade de armazenamento dos reservatórios estudados e a capacidade de armazenamento de água nos açudes e a área plantada ideal.

Tabela 11 - Relação entre a renda maximizada e a capacidade de armazenamento de água dos açudes e área ideal de plantio e capacidade de armazenamento

Açude	Capacidade (m ³)	Renda (R\$)	Área (m ²)	Relação (R\$/m ³)	Relação (m ² /m ³)
Mangueira	102.175	7.573	83.500	0,074	0,82
Cocho	14.260	934	8.400	0,066	0,59
Tiã	7.950	302	2.600	0,038	0,33
Urubus	17.468	1.029	10.700	0,059	0,61

Na Tabela 12 constam os principais parâmetros de água e solo (análises completas apêndices VIII e IX) para avaliação da viabilidade de plantio, tendo em vista que, conforme demonstrado a partir dos resultados gerados pelo modelo NeStRes, há viabilidade econômica e solo disponível para plantio da área que otimiza a renda para todos os açudes.

Tabela 12 - Parâmetros de água e solo disponível para plantio por açude

Açude	Água				Solo					
	CE (dS m ⁻¹)	RAS	pH	Classificação	CE dS m ⁻¹	pH	Al ³⁺ *	V (%)	PST	Textura
Mangueira	0,34	0,55	6,3	C2S1	0,62	7,6	0	89	7	Areia Franca
Cocho	0,12	0,25	8,8	C1S1	0,19	6,1	0,05	83	1	Franco argiloso arenoso
Tiã	0,27	0,2	6,7	C2S1	0,13	6,4	0,05	77	3	Franco arenosa
Urubus	0,19	0,31	6,6	C1S1	0,47	6,7	0	81	6	Franco arenosa

* (cmolc dm⁻³)

De acordo com os dados da Tabela 12, percebe-se que a classificação da água nos quatro reservatórios é boa, sendo as do açude da Mangueira e dos Urubus consideradas de salinidade média e dos outros dois reservatórios de salinidade baixa. Já em relação ao teor de sódio, todas classificam-se como baixo teor. O solo com maior pH e porcentagem de saturação de sódio trocável no solo (PST) é da área de plantio referente ao açude da Mangueira que possui

textura de Areia franca. A toxicidade do alumínio (Al^{3+}) é de baixo teor em todas as áreas, tendo valor de zero para os açudes da Mangueira e Urubus.

6.3.3 Avaliação da fazenda Oriente

Calculou-se o valor de nota agrônômica para a fazenda Oriente (Tabela 13) e para todas as unidades amostrais tanto na perspectiva de sequeiro (Apêndice VI) como na de irrigada (Apêndice VII). Abaixo seguem todos os passos da avaliação na perspectiva de sequeiro e irrigada.

Tabela 13 - Cálculo da nota agrônômica da fazenda Oriente

Fazenda Oriente: localização boa, sendo 13 km de distância da cidade, com 8 km em estrada não pavimentada e 5 km em rodovia pavimentada (BR-020)

	Percentual no		Nota
Classes de Solos	Imóvel	Índice tabela 3	Agrônômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	69,00%	0,423	0,237
Classe VI** - Fator Limitante: muito pedregoso	31,00%	0,261	0,081
	100,00%		
		Nota Agrônômica final	0,373

*69% Luvissole crômico **31% Neossolo litólico

6.3.3.1 Método de produção de sequeiro

Todas as unidades amostrais, na pesquisa de mercado para avaliação da fazenda Oriente com produção de sequeiro, são negócio realizado. Sendo assim, não houve necessidade de cálculo do Fator Fonte e o primeiro passo foi a aplicação do fator área (Tabela 14). Para definição de aplicação entre a equação 10 e 11, inicialmente, efetuou-se a razão entre o imóvel amostral e a fazenda Oriente. Apenas os imóveis 2, 7 e 10 apresentaram resultado abaixo de 30% tendo sido aplicado a correção pela equação 10 e os demais pela aplicação da Equação 11.

Tabela 14 – Aplicação do Fator Área com método de produção de sequeiro

Elemento	VTN (R\$/ha)	Área (ha)	Ai/Aa	Fator Área	VTN (R\$/ha)
					Corrigido pelo Fator Área
1	1.185,20	196	33%	0,935	1107,93
2	585,60	90	15%	0,811	475,07
3	508,17	242	40%	0,946	480,94
4	497,48	61	83%	0,988	491,75
5	460,00	404	67%	0,976	448,93
6	433,58	649	108%	1,005	435,74
7	391,24	28	5%	0,732	286,56
8	375,38	117	20%	0,908	340,71
9	353,21	565	94%	0,996	351,91
10	345,55	136	23%	0,845	292,02
11	324,53	203	34%	0,937	303,99
12	320,18	352	59%	0,968	309,92
13	307,30	303	51%	0,959	294,73
14	257,76	190	32%	0,933	240,52

Em seguida realizou-se o cálculo do fator nota agronômica e a sua multiplicação pelo valor da terra nua corrigido pelo fator área. Percebe-se pela análise da Tabela 15 que no Fator NA não se tem nenhum elemento fora do intervalo entre os limites inferior e superior, item B.1.4.2 da NBR 14653-3 (ABNT, 2019). Este resultado é muito bom, demonstrando que a amostra é muito homogênea, o que é imprescindível numa avaliação pelo método comparativo direto de dados de mercado. Portanto, todas as unidades amostrais compuseram o cálculo do valor da terra nua homogeneizada para o último saneamento de acordo com o item B.1.2.2 da NBR 14653-3 (ABNT, 2019).

Tabela 15 – Aplicação do Fator Nota agrônômica

Elemento	VTN (R\$/ha)	Área (ha)	NA	Fator NA	VTN (R\$/ha)
	Corrigido pelo Fator Área				Corrigido pelo Fator NA
1	1107,934	196	0,406	0,919	1.017,98
2	475,070	90	0,412	0,904	429,68
3	480,940	242	0,339	1,101	529,55
4	491,751	61,8	0,382	0,977	480,42
5	448,936	404	0,447	0,834	374,62
6	435,748	649	0,447	0,834	363,61
7	286,567	28	0,318	1,171	335,71
8	340,713	117	0,414	0,902	307,24
9	351,913	565	0,400	0,932	327,90
10	292,022	136	0,297	1,258	367,34
11	303,994	203	0,383	0,975	296,44
12	309,923	352,83	0,330	1,131	350,39
13	294,738	303	0,376	0,992	292,39
14	240,520	190	0,376	0,992	238,60

Por fim, calculou-se o VTN homogeneizado, procedeu-se o saneamento da amostra e determinou-se o valor de mercado da fazenda Oriente com método de produção de sequeiro (Tabela 16). Apenas um elemento não ficou dentro do intervalo entre o limite inferior e superior definido conforme preconizado pela ABNT. Portanto, o mesmo, não compôs a amostra para efeito do cálculo do VTN homogeneizado final, que teve como média R\$361,07, representando o valor de mercado da fazenda Oriente sem a utilização da irrigação.

Tabela 16 - Cálculo do VTN médio da fazenda Oriente na perspectiva de sequeiro

Elemento	VTN (R\$/ha) homogeneizado	VTN (R\$/ha)
	pele Fator NA	homogeneizado final
1	1.017,98	Expurgado da amostra
2	429,68	429,68
3	529,55	529,55
4	480,42	480,42
5	374,62	374,62
6	363,61	363,61
7	335,71	335,71
8	307,24	307,24
9	327,90	327,90
10	367,34	367,34
11	296,44	296,44
12	350,39	350,39
13	292,39	292,39
14	238,60	238,60
Média (R\$/ha)	407,990	361,07
Limite inferior (R\$/ha)	203,995	255,01*
Limite superior (R\$/ha)	815,981	472,13*

* A partir do valor médio da fazenda Oriente, calculou-se o intervalo de confiança para a determinação de valores mínimos e máximos para efeito de avaliação, pois sabe-se que não é indicado, numa avaliação, a determinação do valor de mercado de uma propriedade de forma única.

6.3.3.2 Método de produção irrigada

Tendo em vista que na amostra para avaliação da Fazenda Oriente numa perspectiva de produção irrigada tem-se cinco imóveis ofertados, efetuou-se o cálculo do Fator Fonte para aplicação na correção do valor de mercado destes imóveis:

$$FF = \frac{\left[\frac{(1415,20)}{2} \right]}{\frac{(5346,68)}{5}} = 0,66 \quad (13)$$

Com o FF calculado, efetuou-se o primeiro passo para ajuste da amostra que é a aplicação do referido fator nos imóveis ofertados (Tabela 17). Para os imóveis com negócio realizado, não há necessidade de aplicação tendo em vista que a negociação já foi efetivada e, portanto, não cabe um fator para ajuste de negociação, devendo-se, para efeito de cálculo, utilizar o valor 1 (um).

Tabela 17 – Aplicação do FF nos imóveis ofertados

Elemento	VTN (R\$/ha)	Área (ha)	Tipo de negócio	Fator Fonte	VTN (R\$/ha)
					Corrigido pelo FF
1	976	72	NR	1	976
2	439,2	162	NR	1	439,2
3	952,88	240	OF	0,66	628,90
4	2321,49	93,62	OF	0,66	1532,19
5	467,70	250	OF	0,66	308,68
6	835,18	112	OF	0,66	551,22
7	769,44	155	OF	0,66	507,83

Para definição de aplicação entre a Equação 10 e 11 inicialmente, efetuou-se a razão entre o imóvel amostral e a fazenda Oriente. Apenas os imóveis 3 e 5 apresentaram resultado superior a 30%. Portanto, para esses dois imóveis foi utilizado a Equação 11 e para os demais foi utilizada a equação 10 para correção das distorções de áreas (Tabela 18).

Tabela 18 – Aplicação do Fator Área

Elemento	VTN (R\$/ha)	Área (ha)	Ai/Aa	Fator Área	VTN (R\$/ha)
	Corrigido FF				Corrigido Fator área
1	976	136,4	12%	0,79	775,30
2	439,2	75	27%	0,86	377,94
3	628,90	72	40%	0,95	594,91
4	1532,19	162	16%	0,81	1247,72
5	308,68	63,89	42%	0,95	292,70
6	551,22	120	19%	0,83	456,82
7	507,83	70,22	26%	0,86	434,99

O passo seguinte foi realizar o cálculo do fator nota agrônômica e a sua multiplicação pelo valor da terra nua corrigido pelo fator área. Percebe-se pela análise da Tabela 19, que no Fator NA não se tem nenhum elemento que tenha ficado fora do intervalo entre os limites inferior e superior, item B.1.4.2 da NBR 14653-3 (ABNT, 2019). Este resultado é muito bom, pois demonstra que a amostra é muito homogênea, o que é fundamental numa avaliação pelo método comparativo direto de dados de mercado. Sendo assim, todas as unidades amostrais vão compor o cálculo do valor da terra nua homogeneizada para o último saneamento de acordo com o item B.1.2.2 da NBR 14653-3 (ABNT, 2019).

Tabela 19– Aplicação do Fator Nota Agrônômica

Elemento	VTN (R\$/ha)	Área (ha)	NA	Fator NA	VTN (R\$/ha)
	Corrigido pelo Fator Área				Corrigido pelo Fator NA
1	775,30	136,4	0,470	0,793	614,93
2	377,94	75	0,423	0,881	333,07
3	594,91	72	0,290	1,287	765,78
4	1247,72	162	0,29	1,285	1603,87
5	292,70	63,89	0,447	0,834	244,10
6	456,82	120	0,480	0,777	355,01
7	434,99	70,22	0,447	0,834	362,76

Por fim, calculou-se o VTN homogeneizado, procedeu-se o saneamento da amostra e determinou-se o valor de mercado da fazenda Oriente (Tabela 20). Percebe-se que dois elementos não ficaram dentro do intervalo entre o limite inferior e superior. Portanto, os mesmos, não compuseram a amostra para efeito do cálculo do VTN homogeneizado final que teve como média R\$ 486,31, representando o valor de mercado da fazenda Oriente com a utilização da irrigação.

Tabela 20 - Cálculo do VTN médio da fazenda Oriente na perspectiva irrigada

Elemento	VTN homogeneizado pelo Fator	VTN homogeneizado final
	NA (R\$/ha)	(R\$/ha)
1	614,93	614,93
2	333,07	333,07
3	765,78	765,78
4	1603,87	Expurgado da amostra
5	244,10	Expurgado da amostra
6	355,01	355,01
7	362,76	362,76
Média	611,36	486,31
Limite inferior (R\$/ha)	305,68	373,79
Limite superior (R\$/ha)	1222,72	598,83

* A partir do valor médio da fazenda Oriente, calculou-se o intervalo de confiança para a determinação de valores mínimos e máximos para efeito de avaliação, pois sabe-se que não é indicado, numa avaliação, a determinação do valor de mercado de uma propriedade de forma única.

6.4 DISCUSSÃO

6.4.1 Influência de açudes na valorização de imóveis rurais no Ceará

Os imóveis de uso restrito, baixa e média produtividade possuem açudes na maioria deles, já nas demais tipologias a maioria é de propriedades sem açudes (Figura 4). O que explica este fato é que os primeiros são os imóveis mais característicos do sertão e necessitam do armazenamento de água em reservatórios, tanto para abastecimento humano como para dessedentação animal. Já no segundo grupo, tem-se muitos imóveis em margens de rios, dentro de perímetros irrigados e na faixa litorânea, com menor dependência de armazenamento de água.

Uma das explicações para não termos tido valorização, decorrente da presença de açudes, em nenhuma das tipologias de uso (Figura 4), é que, apesar da presença de açudes nas propriedades rurais ser algo disseminado no estado do Ceará, o uso da água armazenada nesses reservatórios para irrigação ainda é pouco difundido. Um dado que indica para o baixo número de propriedades que utiliza a irrigação por meio de açudes é o número bem menor de imóveis na amostra de avaliação da Fazenda Oriente na perspectiva de produção irrigada quando comparada com a de sequeiro.

Resultado distinto, sobre a influência de açudes no preço dos imóveis, foi encontrado por Theodoro *et al.*, (2019), que, estudando avaliação de imóveis em massa por meio de regressão clássica e geoestatística, determinou na equação de regressão que a presença de açudes valoriza imóveis rurais localizado no Projeto de Irrigação e Drenagem da Cana-de-Açúcar (PROJIR) no Estado do Rio de Janeiro.

Um dado interessante é que as áreas arenosas sem açudes possuem valor de mercado superior as com açude (Figura 4). A explicação para este resultado é que as áreas arenosas sem açudes estão localizadas, principalmente, nos perímetros irrigados da Paraipaba e Tabuleiro de Russas e na faixa mais litorânea com produção de caju e coco, sendo áreas bastante valorizadas. Pois, as áreas em perímetros irrigados têm potencial de irrigação valorizando-as, Peiró (2021), e as áreas de cajueiro vem passando por bastante valorização ao longo dos anos, inclusive tendo sido as que mais se valorizaram no Ceará no ano de 2021 (IHS MARKIT, 2021). Já as com açudes, são áreas de sertão também composta por Neossolo Quartzarênico, Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelo textura arenosa e Latossolos de textura arenosa que se caracterizam por serem imóveis com baixo valor de mercado. Uma das justificativas para pouca valorização desses imóveis é o tipo de produção, pois de acordo com Zhllima (2021), o tipo de atividade agrícola desenvolvida na propriedade é importante para a sua valorização e segundo De Melo e Voltoline (2019), nessas áreas

características de semiárido, as culturas mais produzidas são mandioca, feijão e milho, em regime de sequeiro e dependente das chuvas, não sendo, portanto, capazes de ser um diferencial que valorize a propriedade rural.

6.4.2 **Produtividade e renda líquida da fazenda Oriente advinda da irrigação pelo modelo NeStRes**

Conforme pode-se observar na Figura 6, considerando-se apenas os aspectos relacionados aos atributos abordados nos módulos hidrológico, agrícola e econômico do modelo NeStRes, há viabilidade de irrigação para os quatro açudes estudados com uma maior renda otimizada para o açude da Mangueira. Este resultado é muito inovador e importante, pois os outros três estudos realizados com o modelo, Silva (2023), Brasil (2021) e Brasil & Medeiros (2019), utilizaram reservatórios com capacidades bem superiores aos da Fazenda Oriente. Portanto, o resultado desse estudo aponta para viabilidade de uso do NeStRes num espectro muito grande, desde açudes bem pequenos até açudes maiores o que é fundamental para o Ceará, pois de acordo com dados de 2018, o Ceará tem 28.000 açudes micro e pequenos (CEARÁ, 2018). Segundo Pereira (2019), no estado do Ceará foram contabilizados mais de 4.850 reservatórios com área superior a 5 hectares, ou seja, temos um grande número de reservatórios o que gera um potencial elevado de produção de forragem por meio da irrigação, que, segundo Araújo *et al.*, (2021), é o principal desafio dos pecuaristas em regiões semiáridas.

As secas de 1825, 1827 e 1830 marcaram o início da açudagem no Nordeste semiárido como fonte de água para abastecimento humano e animal durante tais períodos (REBOUÇAS, 1997). A política de açudagem no semiárido brasileiro se apresenta como um fenômeno significativo e apesar de, inicialmente, pensados para o abastecimento hídrico humano e animal, os açudes desempenham, atualmente, diversas funções e perspectivas relacionadas as intencionalidades dos diferentes agentes sociais, econômicos e jurídicos a partir da conjectura, das demandas e complexidades como produtos e processos ao longo do tempo. É, portanto, essencial, inserir paralelamente à discussão da gestão dos recursos hídricos no semiárido, a questão das múltiplas finalidades relacionadas ao uso e parcelamento do solo, utilizando a bacia hidrográfica como unidade básica do planejamento (NETO e CIRÍCIO, 2022). Um fator que dificulta a padronização do gerenciamento de pequenos reservatórios é a grande variação da capacidade de armazenamento nos açudes em propriedades privadas no semiárido nordestino e isso está refletido nos reservatórios da própria fazenda Oriente onde tem-se o menor com volume de 7.950,53 m³ e o maior com 102.175,16 m³. Nesta perspectiva, o modelo NeStRes é uma ferramenta que, conforme podemos ver nos resultados da Figura 6,

pode auxiliar o produtor rural a utilizar a disponibilidade hídrica dos reservatórios de maneira eficiente e com a área e taxa de garantia que maximize sua renda.

O fato de os açudes terem sido construídos visando principalmente ao abastecimento das populações e dos rebanhos, contribui para a manutenção de um contexto de subutilização que estabelece vivo contraste com o grande volume de água armazenado e com o potencial valorizável. Nessa situação, registra-se anualmente perda por evaporação da água dos açudes, que representa uma lâmina média de 3 metros (REBOUÇAS, 1997). A utilização do NeStRes de maneira difundida no estado do Ceará, para a malha de açudes existentes, preferencialmente, por meio de uma política pública, poderá contribuir para a melhoria desse cenário, trazendo ganho na eficiência do uso da água que perdemos por evaporação. Nesta perspectiva, em que seja viável o uso da irrigação por meio dos açudes não estratégicos em propriedades semelhantes a fazenda Oriente, toda a sociedade se beneficia: o produtor rural consegue aumentar a sua renda, a cadeia produtiva do leite terá maior disponibilidade de forragem no período seco e o impulsionamento dessa atividade aumentará a arrecadação tributária para o governo.

Outro aspecto relevante do resultado é o ganho na renda líquida decorrente da época da venda. Caso o produtor opte por armazenar o produto e vendê-lo no período de alta de preços, terá um aumento médio de 35% na renda, consistindo numa das principais vantagens da produção de silagem. Sendo o sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench), de acordo com Neumann (2002), uma planta adaptada ao processo de ensilagem, devido às suas características fenotípicas que determinam facilidade de plantio, manejo, colheita e armazenamento, é plenamente possível o produtor arcar com os custos de acondicionamento da silagem e vender em período de alta maximizando sua renda.

Objetivando-se contribuir com orientações gerais para propriedades com açudes semelhantes ao da fazenda Oriente e localizadas em regiões climáticas de semiárido, o resultado da Tabela 11 tem os valores de área produzida por m³ de água disponível. Os valores variam de 0,33 m²/m³ a 0,88 m²/m³ e se assemelham aos valores determinados, por Silva (2023), para a cultura do Sorgo que ficou em média de 0,5 m²/m³. Percebe-se também que, quanto maior a capacidade de armazenamento do reservatório, mais eficiente é o uso da água e também da renda gerada que teve como melhor rendimento o valor de 0,074 R\$/m³.

Avaliando-se a qualidade da água dos reservatórios, percebe-se que todas são de boa qualidade para a prática da irrigação quando considerado a quantidade de sólidos solúveis em mg L⁻¹. No que diz respeito a concentração de sódio, todas são consideradas de baixo conteúdo. Mas, para o teor de salinidade as águas do reservatório da Mangueira e do Tião são

consideradas de média salinidade, que podem ser utilizadas para irrigação se uma quantidade moderada de lixiviação dos sais ocorrer. Na maioria dos casos, plantas com uma tolerância ao sal podem ser cultivadas sem considerações especiais (RICHARDS, 1954). Com um adequado manejo da irrigação, um bom preparo do solo, uma textura favorável (apêndice VIII) e a moderada tolerância do Sorgo à salinidade (COSTA, 2019; COSTA & MEDEIROS, 2017; e MENEZES, SILVA, & TARDIN, 2015) a água de média salinidade tende a não ser um fator limitante para o cultivo.

Um dos principais atributos que deve ser avaliado para demonstrar a viabilidade de irrigação por meio do NeStRes na fazenda Oriente, com possível extrapolação para propriedades semelhantes localizadas em regiões semiáridas, é a adaptabilidade da cultura forrageira a ser produzida para ensilagem. Em razão da estacionalidade da produção forrageira das pastagens naturais, torna-se necessário a prática da suplementação alimentar, principalmente na estação seca. Uma alternativa para amenizar esse problema é a prática da produção de silagem, sendo o Sorgo uma alternativa viável, tendo em vista que se destaca pela sua tolerância à seca e menor custo de produção, Menezes, Silva, & Tardin (2015) e é adaptável a uma grande variedade de tipos de solos (RIBAS, 2008). O sorgo apresenta uma vantagem adaptativa distinta quando comparado a outros cereais, pois a sua notável resistência à seca e a tolerância a temperaturas elevadas viabiliza a sua produção em ambientes problemáticos para outras culturas (SILVA, 2018; e DEVNARAIN, *et al.*, 2016).

De acordo com Rodrigues (2014), o sorgo forrageiro é usado, principalmente, para alimentação de bovinos leiteiros, está presente em quase todo o Brasil, suporta grandes variações de ambientes e condições climáticas. Para regiões em que as condições edafoclimáticas limitam o cultivo, apresenta-se como alternativa viável para produção de silagem (NEUMANN *et al.*, 2005). De acordo com Dias e Blanco (2010), o sorgo é uma cultura considerada moderadamente tolerante a salinidade. Portanto, mesmo as águas dos açudes da fazenda Oriente tenham sido classificadas como boas e com baixo teor de sólidos dissolvidos, essa característica é muito importante para adaptabilidade do sorgo ao Nordeste brasileiro, apresentando-se como alternativa para a produção de material forrageiro em regiões áridas e semiáridas que tem características de estresse hídrico e salino (COSTA, 2019).

Um dos aspectos produtivos que favorece o cultivo do sorgo em regiões de baixo índice pluviométrico é o seu alto potencial de resistência a estresse hídrico. Em regiões onde a água é escassa, a otimização da irrigação também é um aspecto de suma importância e como o sorgo é uma cultura que apresenta tolerância a condições de estresse hídrico, uma irrigação

ótima implicaria em menores lâminas aplicadas em relação à irrigação plena, sem que haja perdas significativas de produção (COSTA & MEDEIROS, 2017).

Estudando o desempenho de variedades de sorgo com diferentes lâminas de irrigação em experimento realizado no Município de Mossoró – RN, Brasil, Costa *et al.*, (2019), concluíram que a redução de até 23% da lâmina considerada potencial para a cultura não prejudica o rendimento de matéria verde e seca das cultivares de sorgo Ponta Negra e IPA 2502. Resultado semelhante foi determinado por Furtado *et al.*, (2020), pois a irrigação subótima não causou queda significativa na produtividade de fitomassa fresca e seca de silagem ao reduzir a lâmina de irrigação em até 43% e 31% da evapotranspiração de referência (ET₀). Além disso, acarretou aumento na produtividade da água, indicando a potencialidade do uso da irrigação subótima como estratégia para economia de água quando há falta deste recurso. Estes resultados são muito importantes e estudos semelhantes devem ser realizados utilizando o modelo NeStRes, pois uma redução da lâmina de irrigação nesta proporção sem diminuição significativa da produtividade pode ser suficiente para aumentar tanto a área de produção como a renda líquida.

Em relação a questão de fatores relacionados ao solo, um dos principais problemas na produção de Sorgo no Brasil é a toxidez de alumínio que afeta tanto a produtividade de massa verde como a dos grãos. Para Caniato (2005), a toxidez causada pelo alumínio (Al) é um dos fatores que mais restringem o crescimento e o desenvolvimento das culturas em solos ácidos. A Embrapa recomenda a calagem quando o Al³⁺ no solo é maior que 0,5 cmolc dm⁻³. Portanto, analisando-se exclusivamente a variável alumínio trocável, percebe-se nos solos para áreas de plantio da fazenda Oriente que não há essa necessidade de calagem tendo em vista que os maiores valores são de 0,5 cmolc dm⁻³. Esse é um aspecto bastante positivo para exploração do Sorgo na fazenda Oriente, pois, não havendo acidez decorrente do excesso de alumínio a planta sofrerá menos estresse hídrico e será possível otimizar o uso da água, tendo em vista que não haverá redução do tamanho das raízes (MENEZES *et al.*, 2018). Em relação a saturação por bases, todos os solos para área de plantio possuem saturação por bases acima de 70%, indicando, de acordo com a Sobral *et al.*, (2015), que não há a necessidade de calagem para correção e demonstrando o potencial de produção na fazenda Oriente. Para Ayres & Westcot (1991) o sorgo é capaz de suportar uma PST de 15 a 40%, sendo as da fazenda Oriente todas abaixo desse valor.

Pelos aspectos expostos, percebe-se que de acordo com os dados gerados pelo NeStRes é viável economicamente a exploração do sorgo nos quatro açudes não estratégicos da fazenda Oriente. Em relação às questões edafoclimáticas e de qualidade de água nos açudes

também não temos maiores restrições quanto ao uso, desde que se tenha um bom manejo da irrigação e preparo dos solos. Por fim, tem-se que o sorgo é uma cultura que deve ser incentivado o seu cultivo em regiões semiáridas tendo em visto a sua menor demanda hídrica, quando comparado com outros cereais, além de ter alta adaptabilidade há diversos tipos de solo sendo moderadamente tolerante a salinidade.

Cabe ressaltar, que a aptidão agrícola da fazenda Oriente para o cultivo de pastagem plantada é viável desde que sejam aplicadas média ou alta tecnologias e que nos dados de entrada do modelo para este trabalho, utilizou-se valores para alta tecnologia. Portanto, estudos futuros são necessários para a identificação da viabilidade do uso, em propriedades semelhantes, para média tecnologia.

6.4.3 Avaliação da fazenda Oriente

Para a literatura clássica internacional, (PETERS, 1966; LLOYD *et al.*, 1991; HALLAN *et al.*, 1992), nas pesquisas sobre a formação do preço da terra, afirma-se que o valor de uma propriedade é decorrência de fatores produtivos e especulativos. No Brasil, esta visão também é defendida por (PINHEIRO, 1982; BACHA, 1989; E REYDON, 1992). Nesta perspectiva, a irrigação, como um fator de produção, é capaz de contribuir na valorização de imóveis de rurais.

Malassise *et al.*, (2015, p. 646) cita David Ricardo e sua obra “Ensaio sobre a influência de um preço baixo do milho nos lucros do estoque” publicada em 1815 como uma das primeiras aproximações ligadas ao mercado de terras. A referida publicação argumenta que a demanda pela terra é justificada pelo fato de que a remuneração auferida por seu proprietário em forma de renda tornaria a terra um ativo no qual se poderia investir seu capital. Nesse mercado, o preço da terra, em especial a agrícola, estaria associado à sua capacidade produtiva, isto é, ao uso da terra para produzir.

Conforme observa-se nas tabelas 16 e 20 os valores médios de mercado do VTN da Fazenda Oriente com produção irrigada e de sequeiro são, respectivamente, 486,31R\$/ha e 361,07R\$/ha, representando uma valorização de 34,68% caso pratique-se a agricultura irrigada na propriedade. Em valores absoluto, há uma valorização de 125,24 R\$/ha e de R\$ 75.018,16 no VTN total da fazenda. Tendo em vista que os valores de benfeitorias para a implementação da irrigação não são computados no VTN e que as demais características da propriedade permanecem constantes, tendo havido apenas a mudança dos unidades amostrais que são separadas das que praticam irrigação e das que produzem pelo método de sequeiro, pode-se afirmar que esta valorização é decorrente diretamente da prática de irrigação. Resultado

semelhante foi determinado por Theodoro *et al.*, (2019), que, estudando a avaliação de imóveis em massa por meio de regressão clássica e geoestatística, determinou na equação de regressão que a presença de açudes valoriza imóveis rurais.

Apesar de parecer lógico a correlação entre irrigação e preço das terras, são poucos os trabalhos no Brasil que correlacionam de maneira positiva a irrigação com a valorização dos imóveis rurais. Além dos dados da IHS Markit (2021), que informam valorização de 308% nas áreas irrigadas no Ceará quando comparada as de sequeiro e 118% em relação às áreas de pastagem formada na região Nordeste do Brasil. De Camargo (2004) apontou que um fator que contribui para a valorização do solo é a disponibilidade de água e, Plata (2001), também cita a irrigação como fator de produção que pode valorizar uma propriedade rural. Silva (2007), estudando a respeito dos fatores de homogeneização que podem ser utilizados para o estado de Pernambuco e norte baiano, concluiu que, o potencial de irrigação é um dos fatores que influencia diretamente no valor dos imóveis.

Na literatura internacional, têm-se mais relatos sobre a relação preço da terra e irrigação. Joshi e Berrens (2017), analisando a influência da irrigação na produtividade e valorização de imóveis rurais no Nepal, obtiveram um resultado semelhante ao apresentado neste trabalho, em que o valor da terra com acesso à água para irrigação é aproximadamente 46% maior do que o valor das terras não irrigadas. Ainda para os mesmos autores, a infraestrutura construída, como canais e poços tubulares é mais importante na agregação de valor em uma propriedade do que fontes naturais de irrigação. Buck *et al.*, (2014), determinando um modelo envolvendo o valor da propriedade para definição do custo água para irrigação no Vale de São Joaquim na Califórnia, concluiu que a irrigação é fator de valorização dos imóveis rurais. Também são autores que defendem que a disponibilidade hídrica utilizada para irrigação é capaz de proporcionar a valorização de propriedades rurais (SEIFERT *et al.*, 2020; GUADALAJARA, 2019; WANG, 2018; E LI, 2016).

Tsoodle 2003, estudando os determinantes de preço de terras rurais no Kansas (EUA), concluiu a disponibilização de água em poços para prática da irrigação é um fator que agrega valor as propriedades rurais. Mukherjee e Schwabe, (2015), assim como, Joshi e Berrens (2017), concluem que no caso de haver mais de uma fonte de água disponível para a irrigação, se traduz numa maior agregação de valor a terra. Nesta perspectiva, apesar da disponibilidade hídrica por meio da precipitação não ser necessariamente uma segunda fonte de irrigação, é possível que em regiões com um baixo índice pluviométrico ou com chuvas mal distribuídas ao longo do ano, como é o caso do Ceará, os imóveis com irrigação sejam menos valorizados do

que em regiões que, além de ter irrigação, tem uma elevada quantidade de chuva e bem distribuída durante o ano.

Além do aumento do valor de mercado para as propriedades que utilizam a irrigação, há outros aspectos que podem aumentar ainda mais essa valorização. Um deles é o que a literatura denomina de Valor da Coisa Feita (VCF), sendo a vantagem de já ter a benfeitoria instalada e funcionando. De acordo com o manual de avaliação da Secretaria de Patrimônio da União, Brasil (2017), a valorização pode variar de 25% a 5% dependendo do tipo de benfeitoria e do tempo de uso. Para mensurar o VCF de um equipamento de irrigação já instalado é necessário um estudo específico para esse fim, por isso, o seu valor não foi adicionado ao valor de mercado da Fazenda Oriente quando produzindo por meio de irrigação, mas é bem provável que aumente ainda mais o valor de mercado da propriedade.

Para Reydon (1992), o valor de uma propriedade é decorrente da soma das quase rendas produtivas, prêmio de liquidez da terra e do ganho patrimonial da terra, subtraídos do custo de manutenção. Nesta perspectiva, um imóvel com maior liquidez tende a ser valorizado no mercado. Estudando o dinamismo do mercado de terras, através da execução de uma Política Governamental Hídrica, na região do município de Açú no Rio Grande do Norte, Da Cruz (2014) define que a existência de estímulos governamentais à produção de fruticultura irrigada que incentivaram a demanda especulativa por terras é um fator que aumenta a liquidez dos imóveis rurais. Fato semelhante pode ocorrer no Ceará, caso o gerenciamento da água de pequenos açudes pelo modelo NeStRes torne-se uma política de Estado. Silva (2007) também afirma que áreas irrigadas podem ter uma maior liquidez. Sendo assim, uma maior liquidez da Fazenda Oriente é um outro aspecto de ganho indireto devido à utilização da irrigação.

O fato de a irrigação realizar-se seguindo a metodologia do modelo NeStRes, que maximiza a renda, pode contribuir ainda mais para a valorização da fazenda Oriente, pois de acordo com Shi *et al.*, (1997), o aumento da renda é um outro fator que contribui para a valorização de uma propriedade. Estudando a valoração da terra, em algumas regiões dos EUA, em função da rentabilidade da cultura do milho, Henderson (2008) obteve resultados de valor da terra de US\$ 1600/ha na região de Prairie Gateway para áreas com 80% da produção irrigada e de US\$ 1200/ha na região de Oklahoma para terras com produção de milho não irrigadas.

Apesar da renda ser citada na literatura como uma possibilidade para avaliação de imóveis rurais, no Brasil, este não é o método mais adequado tendo em vista que, em regra, há uma elevada especulação com o preço da terra. Caso opte-se por mensurar a avaliação de uma propriedade rural no Brasil pelo método da renda é necessário que haja o cálculo do valor da

especulação, considerando as condições no momento da negociação, para o respectivo ajuste ao valor de mercado.

Portanto, percebe-se que é extensa a literatura internacional que corrobora com o resultado de que a disponibilidade hídrica é um fator importante na valorização de um imóvel rural, que, no caso da fazenda Oriente, a valorização se deu em 35% (trinta e cinco por cento) demonstrando o ganho em valor de mercado. Possivelmente, havendo uma política pública para a aplicação, em uma determinada região, do modelo NeStRes os imóveis venham a valorizar criando um mercado local mais aquecido.

Apesar do aplicativo Hidrosed Terra Nua, desenvolvido conforme metodologia do capítulo 1 (um), não ter como função precípua a avaliação de imóveis rurais, e sim, para consulta a respeito do preço médio de um imóvel dependendo das suas características, estimou-se o valor da terra nua da fazenda Oriente sob as perspectivas de sequeiro e irrigada, que foram, respectivamente, R\$ 322,85/ha e R\$ 579,17/ha, e comparou-se com os valores da avaliação seguindo a metodologia da ABNT. Nos dois casos o valor estimado pelo aplicativo ficou dentro do intervalo de confiança da avaliação (Tabelas 16 e 20).

6.5 CONCLUSÕES

Apenas a presença de açude na propriedade não foi suficiente para valorização em nenhuma das tipologias de uso do solo, ou seja, ter os reservatórios para armazenamento de água sem a devida utilização, além de não contribuir com a produtividade do imóvel também não agrega valor ao mesmo.

Houve viabilidade de irrigação pelo modelo NeStRes para os quatro açudes estudados, além de não haver impedimentos edafoclimáticos severos para o cultivo do Sorgo. Sendo assim, é viável a produção de Sorgo irrigado na fazenda Oriente e há um aumento na rentabilidade caso a venda da produção ocorra após o armazenamento da silagem para venda em períodos de alta de preços.

A prática da irrigação, com a água armazenada em seus açudes pelo método NeStRes, foi capaz de ocasionar a valorização da fazenda Oriente. Quando comparado o seu valor em condições de irrigação ao valor que teria em condições de sequeiro, percebe-se que obteve um ganho médio de 35% (trinta e cinco por cento), além de ganhos indiretos como o aumento da liquidez.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa respondeu as quatro questões científicas levantadas e em relação as hipóteses, todas se confirmaram, tendo apenas as variáveis precipitação e tipo de exploração pecuária ficado fora da modelagem multivariada por não terem sido significativamente relevantes para o modelo.

Apesar de não termos suprido toda a lacuna a respeito do entendimento das variáveis que influenciam no mercado de terras no estado do Ceará, até mesmo porque este é variável no tempo e espaço, acreditamos que houve uma contribuição com muitas informações relevantes sobre as variáveis que influenciam diretamente no preço de propriedades rurais no estado do Ceará, que poderá servir de apoio aos diferentes agentes de mercado (pessoas físicas, instituições bancárias e entes públicos) para tomada de decisão no momento de transacionar uma propriedade rural.

O estudo de caso da fazenda Oriente também foi muito importante para agregar ao modelo NeStRes, simulações com açudes de menor capacidade do que os dos trabalhos anteriores e o seu resultado demonstra a viabilidade de uso para os quatro açudes estudados, trazendo um bom indicativo para aumento da produção de forragem. Além da maximização da renda, tem-se ainda, a potencial valorização da propriedade.

REFERÊNCIAS

- ALHO, Denise R.; JÚNIOR, José Marques; CAMPOS, Milton CC. Caracterização física, química e mineralógica de Neossolos Litólicos de diferentes materiais de origem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [s. l.]. v. 2, n. 2, p. 117-122, 2007.
- ALVES, Jose Jakson Amancio; DE ARAÚJO, Maria Aparecida; DO NASCIMENTO, Sebastiana Santos. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, [s. l.]. v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- ANDRADE-LIMA, D. Present-day forest refuges in Northeastern Brazil. *In*: **Biological diversification in the tropics (Prance, G.T., ed.)**. Columbia Univ. Press, New York p. 245-251, 1982.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR. 14.653-3. Avaliação de Bens - Parte 3: Imóveis Rurais. Rio de Janeiro, **ABNT**, 2019.
- AYRES, R. S. **A qualidade de água na agricultura**, [s. l.]. 1985.
- BACHA, Carlos José Caetano. A determinação do preço de venda e de aluguel da terra na agricultura. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 443-456, 1989.
- BACHA, Carlos José Caetano. **Economia e política agrícola no Brasil**. Alínea, Rio de Janeiro, 2018.
- BEZERRA, Paulo Ricardo Cosme; CABRAL, Carla Giovana; DE SOUZA, Cimone Rozendo Parques eólicos: implicações e aplicações para o desenvolvimento sustentável, **Congestas**, [s. l.]. v. 5, 2017.
- BIOMA CAATINGA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga>. Acesso em: 09 de maio de 2023.
- BRASIL, Manual de Avaliação de Imóveis, **Secretaria de Patrimônio da União**, Brasília (2017).
- BRASIL, Paulilo; MEDEIROS, Pedro. NeStRes—model for operation of Non-Strategic Reservoirs for irrigation in drylands: model description and application to a semiarid basin. **Water Resources Management**, [s. l.]. v. 34, n. 1, p. 195-210, 2020.
- BRASIL, Paulilo Palácio. **Modelo físico-matemático para alocação de água de pequenos reservatórios na agricultura irrigada em regiões secas (NeStRes)**. 2021. 82f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.
- BRASIL. Lei 601, de 18 de setembro de 1850. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L0601-1850.htm Acesso em: 10 de janeiro de 2023.
- BRITO, Sheila S. Barros et al. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology**, [s. l.]. v. 38, n. 2, p. 517-529, 2018.

BORCHERS, Allison; IFFT, Jennifer; KUETHE, Todd. Linking the price of agricultural land to use values and amenities. **American journal of agricultural economics**, [s. l.]. v. 96, n. 5, p. 1307-1320, 2014.

BRORSEN, B. Wade; DOYE, Damona; NEAL, Kalyn B. Agricultural land and the small parcel size premium puzzle. **Land Economics**, [s. l.]. v. 91, n. 3, p. 572-585, 2015.

BUCK, Steven; AUFFHAMMER, Maximilian; SUNDING, David. Land markets and the value of water: Hedonic analysis using repeat sales of farmland. **American Journal of Agricultural Economics**, [s. l.]. v. 96, n. 4, p. 953-969, 2014.

BUENO Vieira, ANIELI Carolina; PAZ, Gabriel Secco. O procedimento teórico do uso do método comparativo direto de dados de mercado para avaliações de residências urbanas. **Journal of Exact Sciences**, [s. l.]. v. 37, n. 1, 2023.

CABALLER, Vicente. Nuevas tendencias en la valoración territorial. **CT Catastro**, [s. l.]. 45, 135–146, 2002.

CALATRAVA, José. CAÑERO, Ricardo. Valoración de Fincas Olivareras de Secano mediante Métodos Econométricos. **Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales**, [s. l.]. v. 15 (12), 2000.

CALENDÁRIO DAS CHUVAS NO ESTADO DO CEARÁ. Disponível em: <http://www3.funceme.br/funceme2.5/index.php/areas/23-monitoramento/meteorol%C3%B3gico/406-chuvas-di%C3%A1rias>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2021.

CANIATO, F. **Diversidade Genética para Tolerância ao Alumínio em Sorgo (Sorghum bicolor [L] Moench)**. 2005. 72f. Dissertação de Mestrado (Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

CARDOSO, E. L. et al. Solos do Assentamento Urucum - Corumbá, MS: caracterização, limitações e aptidão agrícola. Corumbá: **Embrapa Pantanal**, [s. l.]. 35p, 2002.

CEARÁ 2050. Disponível em: <https://www.ceara2050.ce.gov.br/api/wp-content/uploads/2018/10/ceara-2050-estudo-setorial-especial-recursos-hidricos.pdf>. Acesso em: 06 de outubro de 2023.

CEARÁ EM MAPAS. Disponível em <http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/11.htm>. Acesso em: 28 de outubro de 2021.

CHRYST, Walter. E. Land values and agricultural income: A paradoxes. **Journal of Farm Economics**, [s. l.]. v. 47(5), p. 1265-1273, 1965.

COLLISCHONN, Walter. Simulação hidrológica de grandes bacias. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s. l.]. 6 (1): 95-118. 2001.

COSTA, João Paulo Nunes, et al. Desempenho de variedades de sorgo dupla aptidão submetidas a diferentes lâminas de irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [s. l.]. 18(3), 417-428, 2019.

DA COSTA, Andréa Raquel Fernandes Carlos; DE MEDEIROS, José Francismar. Água salina como alternativa para irrigação de sorgo para geração de energia no Nordeste brasileiro. **Water Resources and Irrigation Management-WRIM**, [s. l.]. v. 6, n. 3, p. 169-177, 2017.

DA CRUZ, Rogério Pires. **Mercados de terras agrícolas no semiárido nordestino: constituição, desenvolvimento e dinâmica recente. Tese de Doutorado.** 2014. 211f. Tese de Doutorado (Desenvolvimento Econômico) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, 2014.

DE ARAUJO, Gherman GL et al. Agricultura bioassalada e uso de águas salobras na produção de forragem. **CODEVASF**, Brasília, 2021.

DE CAMARGO LIMA, Marcelo Rossi. **Avaliação de propriedades rurais: Manual básico: a engenharia de avaliações rurais aplicada às fazendas.** EDITORA LEUD, 2014.

DE CAMARGO, Ana Maria Montraguio Pires et al. Valorização da terra agrícola conforme o uso regional do solo no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, [s. l.]. v.34, n.1, 2004.

DE NYS, Erwin; ENGLE, Nathan Lee; & MAGALHAES, Antonio Rocha. Secas no Brasil: **Política e gestão proativas.** Brasília,DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE; Banco Mundial, p. 292, 2016.

MELO, Roseli Freire; VOLTOLINI, Tadeu Vinhas. **Agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido.** Brasília: Embrapa, p. 467, 2019.

DESLANDES, Cristiano Augusto. **Avaliação de Imóveis Rurais.** Aprenda Fácil, 2002.

DE SILANS, Alain Marie Bernard Passerat. Redução da evaporação de açudes - O estado da arte. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s. l.]. v. 8, n.2, 101–109, 2003.

DE RESENDE, Gervasio Castro. **Ocupação agrícola e estrutura agrária no cerrado: o papel do preço da terra, dos recursos naturais e da tecnologia.** Rio de Janeiro: Ipea, 2002.

DEVNARAIN, Natrisha et al. Physiological responses of selected African sorghum landraces to progressive water stress and re-watering. **South African Journal of Botany**, [s. l.]. v. 103, p. 61-69, 2016.

DONOSO, Guilhem; CANCINO, José; & FOSTER, William. Farmland values and agricultural growth: the case of Chile. **Economía Agraria y Recursos Naturales**, [s. l.]. v. 13(2), p. 33-52, 2013.

DRABIK, Dusan. & RAJČÁNIOVÁ, Miroslava. Agricultural land market in Slovakia under the new land acquisition law. **Rev. Agric. Appl. Econ.**, [s. l.]. v. 17 (2), p. 84–87, 2014.

DRESCHER, Klaus; HENDERSON, Jason R.; MCNAMARA, Kevin T. **Farmland price determinants**. 2001.

DUTRA FILHO, João de Andrade et al. Aplicação de técnicas multivariadas no estudo da divergência genética em cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agrônômica**, [s. l.]. v. 42, p. 185-192, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

EXPORTAÇÃO DE FRUTAS. Disponível em <https://www.ceara.gov.br/2022/01/12/-exportacao-de-frutas-cresceu-152-em-2021/>. Acesso em: 09 de fevereiro de 2022.

FARIA, O. L. Os açudes dos sertões do Seridó. Natal, Coedição Fundação José Augusto/Coleção Mossoroense, 1978.

FELGUEIRAS, Carlos Alberto. CÂMARA, Gilberto. Modelagem numérica de terreno. FUKS, SD, CARVALHO, MS, CÂMARA, G. & MONTEIRO, AMV Análise Espacial de Dados Geográficos. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/index.html>. Acesso em: 08 de maio, 2023.

FÁVERO, Luiz Paulo. & BELFIORE, **Patrícia**. **Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®**. Elsevier Brasil, 2017.

FERNANDES, Amanda Cristiane Gonçalves et al. A democratização do acesso à água em regiões semiáridas e a importância da Lei 12.873/2013. **Research, Society and Development**, [s. l.]. v. 10(11), 2021.

FIELD, A. **Discovering Statistics Using SPSS (5th Ed.)**, SAGE, London, 2018.

FOSTER, W. *et al.* Geographic disparities in rural land appreciation in a transforming economy: Chile, 1980 to 2007. **Land Use Policy**, [s. l.]. v. 57, p. 655-668, 2016.

FOSTER, W et al. Geographic disparities in rural land appreciation in a transforming economy: Chile, 1980 to 2007. **Land Use Policy**, [s. l.]. v. 57, p. 655-668, 2016.

FRONZA, Caroline Maria. A avaliação de imóveis residenciais urbanos na engenharia: Método Comparativo Direto de Dados do Mercado. **Revista Técnico-Científica**, [s. l.]. v. 10, 2018.

FURTADO, Jif et al. irrigação subótima na cultura do sorgo em consórcio com espécies forrageiras, **EMBRAPA**, Brasil, 2020.

GRACIA, Azucena et al. Análisis hedónico de los precios de la tierra en la provincia de Zaragoza. **No. 1102-2016-91029**, [s. l.]. p. 51-69, 2004.

GRAU, Aaron et al. The impact of production intensity on farmland prices. **FORLand-Working Paper**, [s. l.]. v. 9, 2019.

GRAU, Aaron; ODENING, Martins; RITTER, Matthias. Land price diffusion across borders—the case of Germany. **Applied Economics**, [s. l.]. v. 52(50), p. 5446-5463, 2020.

GUADALAJARA, Natividad; CABALLER, Maria Teresa.; OSCA, José M. Assessing localization impact on land values: A spatial hedonic study. **Spain. J. Agric. Res.** [s. l.]. v. 17, 2019.

HALLAM, David; MACHADO, Fernando; RAPSOMANIKIS, Georgios. Co-integration analysis and the determinants of land prices. **Journal of Agricultural Economics**, v. 43, n. 1, p. 28-37, 1992.

HANSON, Erik D.; SHERRICK, Bruce J.; KUETHE, Todd H. The changing roles of urban influence and agricultural productivity in farmland price determination. **Land Economics**, [s. l.]. v. 94, n. 2, p. 199-205, 2018.

HAUKOOS, Jason S.; LEWIS, Roger J. Advanced statistics: bootstrapping confidence intervals for statistics with “difficult” distributions. **Academic emergency medicine**, [s. l.]. v. 12, n. 4, p. 360-365, 2005.

HENDERSON, Jason et al. Will farmland values keep booming?. **Economic Review**, [s. l.]. 93(2), 81-104, 2008.

HELBING, Georg et al. Estimating Location Values of Agricultural Land, **German Journal of Agricultural Economics**, [s. l.]. v. 66(3), p. 188-201, 2017.

DE HOLANDA JÚNIOR, Fernando Ivo Frota; CAMPOS, Roberio Telmo. Análise técnico-econômica da pecuária leiteira no município de Quixeramobim-Estado do Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, [s. l.]. v. 34, n. 4, p. 621-646, 2003.

ITRIA, Alexander. **A relação inversa entre o preço e a dimensão da propriedade rural em mercados específicos**. 2004. 131f. Tese (Doutorado Desenvolvimento Econômico). UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - Instituto de Economia, Campinas, 2004.

JACOMINE, Paulo Klinger Tito. Solos sob caatingas: características e uso agrícola. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS/UFV, [s. l.]. p. 95-111, 1996.

JOSHI, Janak; ALI, Mohammad; BERRENS, Robert P. Valuing farm access to irrigation in Nepal: A hedonic pricing model. **Agricultural water management**, [s. l.]. v. 181, p. 35-46, 2017.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlagcondicionadas. **Justus Perthes**, [s. l.]. 1928.

KOZMA, M.C.F. da. Engenharia de Avaliações (Avaliação de Propriedades Rurais). **PINI / Instituto Brasileiro de Perícias de Engenharia**, São Paulo, 1984.

KOWALCZYK, Cezary; NOWAK, Magdalena; ŻRÓBEK, Sabina. The concept of studying the impact of legal changes on the agricultural real estate market. **Land Use Policy**, [s. l.]. v. 86, p. 229-237, 2019.

- KUMAR, Parmod; PRADHAN, Basanta K.; SUBRAMANIAN, A. Farmland Prices in a Developing Economy: Some Stylised Facts and Determinants. **Journal of International and Area Studies**, [s. l.]. p. 93-113, 2005.
- LEAL, Inara Roberta; TABARELLI, Marcelo; DA SILVA, José Maria Cardoso (Ed.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Editora Universitária UFPE, Recife, 2003.
- LIMA, Antonieta; SOARES, Vasco Salazar. Modelo de avaliação hedônico de terrenos rústicos e seus desafios: o estudo de caso da realidade da região do Porto, norte de Portugal. **População e Sociedade**, [s. l.]. 23, p. 145, 2015.
- LIMA, Francisco Welligton Rodrigues. Índices de produtividade e análise econômica da produção de leite a pasto no interior do Ceará. **Acta Veterinaria Brasilica**, [s. l.]. v. 6, n. 3, p. 186-191, 2012.
- DE CAMARGO LIMA, Marcelo Rossi. **Avaliação de propriedades rurais: manual básico**. Leud, São Paulo, 2005.
- LYNCH, Lori; LOVELL, Sabrina J. Hedonic price analysis of easement payments in agricultural land preservation programs. **Department of Agricultural and Resource Economics, University of Maryland, College Park, Maryland**, 2002.
- LI, Xin. The Farmland Valuation Revisited. **Int. J. Food Agric. Econ.** [s. l.]. v. 4, p. 11–24, 2016.
- LLOYD, Timothy A.; RAYNER, A. J.; ORME, Chris D. Present-value models of land prices in England and Wales. **European Review of Agricultural Economics**, [s. l.]. v. 18, n. 2, p. 141-166, 1991.
- LOURENÇO, Gilmar Mendes; ROMERO, Mario. Indicadores econômicos. **FAE Business School. Economia empresarial. Curitiba: Associação Franciscana de Ensino Senhor Bom Jesus**, [s. l.]. p. 27-41, 2002.
- MEISSNER, Luise; MUSSHOF, Oliver. Revisiting the relationship between farmland prices and soil quality. **Q Open**, [s. l.]. v. 2, n. 2, p. qoac017, 2022.
- LUO, B. et al. Will the transfer of farmland lead to the “non-grain” of the planting structure. **J. JH Acad. J**, [s. l.]. v. 2, p. 94-101, 2018.
- MACIEL, Harine Matos; MACIEL, Wlisses Matos; GOMES, Maria Antunizia. A desertificação e a seca: efeitos sobre a produção e renda agrícolas no estado do Ceará. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.]. v. 7, n. 2, p. 17824-17843, 2021.
- MAIA, Fernando Joaquim Ferreira et al. **Problemas jurídicos, econômicos e socioambientais da energia eólica no nordeste brasileiro**. EDUFRPE, Recife, 2023. 196 p.
- MALASSISE, Regina Lúcia Sanches; PARRÉ, José Luiz; FRAGA, Gilberto Joaquim. O Comportamento do Preço da Terra Agrícola: um modelo de painel de dados espaciais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [s. l.]. v. 53, p. 645-666, 2015.

MANZATTO, Celso Vainer; FREITAS JUNIOR, Elias de; PERES, José Roberto Rodrigo. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2002.

MARENCO, Jose A. et al. Drought in Northeast Brazil: A review of agricultural and policy adaptation options for food security. **Climate Resilience and Sustainability**, [s. l.]. v. 1, n. 1, p. e17, 2022.

IHS Markit. **Land Market Analysis**. [s. l.]. Ed. 103, 2021.

MA, Shan; SWINTON, Scott M. Hedonic valuation of farmland using sale prices versus appraised values. **Land Economics**, [s. l.]. v. 88, n. 1, p. 1-15, 2012.

MEISSNER, Luise; MUSSHOF, Oliver. Revisiting the relationship between farmland prices and soil quality. [s. l.]. **Q Open**, v. 2, n. 2, p. qoac017, 2022.

MENDELSON, Robert; NORDHAUS, William D.; SHAW, Daigee. The impact of global warming on agriculture: a Ricardian analysis. **The American economic review**, [s. l.]. p. 753-771, 1994.

MENEZES, Cicero Beserra et al. **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde (Coleção 500 perguntas, 500 respostas)**. EMBRAPA, Brasília, [s. l.]. p. 293-308, 2015.

MENEZES, Cicero Beserra et al. Evaluation of grain sorghum hybrids for aluminum tolerance in nutrient solution. **Acta Scientiarum. Agronomy**, [s. l.]. v. 40, 2018.

PRUDÊNCIO DE MERA, Claudia Maria et al. Variáveis que influenciam o preço da terra no Rio Grande do Sul. **Revista de Política Agrícola**, [s. l.]. v. 28, n. 1, p. 30, 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA:

<https://www.mme.gov.br/SIEBRASIL/consultas/reporte-dato42-gerarquizado.aspx?oc=30116&or=30117&ss=1&v=1>. Acesso em: 25 de setembro de 2023.

MIRANOWSKI, John A.; HAMMES, Brian D. Implicit prices of soil characteristics for farmland in Iowa. **American journal of agricultural economics**, [s. l.]. v. 66, n. 5, p. 745-749, 1984.

MOTA, Francisco Ocian Bastos. **Mineralogia de solos da região semi-árida do estado do Ceará**. 1997. 216f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

MUKHERJEE, Monobina; SCHWABE, Kurt. Irrigated agricultural adaptation to water and climate variability: the economic value of a water portfolio. **American Journal of Agricultural Economics**, [s. l.]. v. 97, n. 3, p. 809-832, 2015.

MYRNA, Olena; ODENING, Martin; RITTER, Matthias. The influence of wind energy and biogas on farmland prices. **Land**, [s. l.]. v. 8, n. 1, p. 19, 2019.

NASH, J. Eamonn; SUTCLIFFE, Jonh V. River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. **Journal of hydrology**, [s. l.]. v. 10, n. 3, p. 282-290, 1970.

NETO, Pereira; CIRÍCIO, Manoel. Perspectivas da açudagem no semiárido brasileiro e suas implicações na região do Seridó potiguar. **Sociedade & Natureza**, [s. l.]. v. 29, p. 285-294, 2022.

NEUMANN, Mikael et al. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.]. v. 31, p. 302-312, 2002.

NEUMANN, MIKAEL et al. Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [s. l.]. v. 4, n. 02, 2005.

OLIVEIRA, Lindomário Barros de et al. Morfologia e classificação de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.]. v. 33, p. 1333-1345, 2009.

OLIVEIRA, S. R. **Aproveitamento racional de açudes não estratégicos para irrigação de culturas agrícolas temporárias no semiárido brasileiro**. 2023. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Ceará – Departamento de Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2023.

PEETERS, Ludo; SCHREURS, Eloi; VAN PASSEL, Steven. Heterogeneous impact of soil contamination on farmland prices in the Belgian Campine region: evidence from unconditional quantile regressions. **Environmental and Resource Economics**, [s. l.]. v. 66, p. 135-168, 2017.

PEIRÓ, A. M. T. **Valor de mercado das terras agrícolas no Estado de Goiás**. 2021. 118 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Centro Universitário Alves Faria (UNIALFA), Goiânia, 2021.

PEREIRA, Bruno et al. Assessment of the geometry and volumes of small surface water reservoirs by remote sensing in a semi-arid region with high reservoir density. **Hydrological Sciences Journal**, [s. l.]. v. 64, n. 1, p. 66-79, 2019.

PETERS, G. H. Recent trends in farm real estate values in England and Wales. **The Farm Economist**, [s. l.]. v. 11, n. 2, p. 45-60, 1966.

PINHEIRO, F. A. **A Renda e o Preço da Terra, uma Contribuição à Análise da Questão Agrária**. 1982. 182f. Tese de Doutorado. Tese de Livre-Docência, ESALQ" Luiz de Queiroz"-Piracicaba-São Paulo, Piracicaba 1982.

PLATA, Ludwig Einstein Agurto. **Mercados de terras no Brasil: gênese, determinação de seus preços e políticas**. 2001. 215f. Tese (Doutorado Ciências Econômicas). Universidade de Campinas, Campinas, 2001.

QI, Yuan et al. The price gap between state-owned and collective farmlands: Evidence from Xinjiang and Heilongjiang, China. **Land Use Policy**, [s. l.]. v. 124, p. 106460, 2023.

RAMALHO FILHO, Antonio; BEEK, Klaas Jan. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. EMBRAPA-CNPS, Rio de Janeiro, 1995.

REBOUÇAS, Aldo da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos avançados**, [s. l.]. v. 11, p. 127-154, 1997.

RESTREPO, Luis F.; GONZÁLEZ, Julián. De Pearson a Spearman. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, [s. l.]. v. 20, n. 2, p. 183-192, 2007.

REYDON, Bastiaan. **Mercados de terras agrícolas e determinantes de seus preços no Brasil: um estudo de casos**. 1992. 322f. Tese (Doutorado Ciências Econômica). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, 1992.

REYDON, Bastiaan; CORNÉLIO, Francisca Neide Naemura. **Mercados de Terras No Brasil Estrutura E Dinamica**. IICA, Brasília, 2006.

REYDON, B. P. **Política de crédito rural e a subordinação da agricultura ao capital, no Brasil, no período de 1970-75**. 1984. 142f. Dissertação (Mestrado Ciências Econômica). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, 1984.

RIBAS, Paulo Motta. Cultivo do sorgo. **Importância econômica. Embrapa milho e sorgo. Sistemas de produção**, [s. l.]. v. 2, 2008.

RICARDO, David. **Princípios de economia política e tributação**. LeBooks Editora, [s. l.]. 2018.

RICHARDS, Lorenzo Adolph (Ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. US Government Printing Office, [s. l.]. 1954.

RITTER, Matthias et al. Revisiting the relationship between land price and parcel size in agriculture. **Land Use Policy**, [s. l.]. v. 97, p. 104771, 2020.

RODRIGUES, José Avelino Santos. Híbridos de sorgo forrageiro: onde estamos? Para onde vamos? In: **Anais**. Viçosa, MG, 2014, p. 301-328.

SEGURA, B. A. S. T.; GARCÍA, R.; VIDAL, F. Modelos econométricos de valoración: aplicación de la valoración fiscal. **Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetal**, [s. l.]. v. 13, n. 1-2, p. 221-241, 1998.

SEIFERT, Stefan; KAHLE, Christoph; HÜTTEL, Silke. Price dispersion in farmland markets: what is the role of asymmetric information?. **American Journal of Agricultural Economics**, [s. l.]. v. 103, n. 4, p. 1545-1568, 2021.

SEKÁČ, Pavel et al. Effect of water features proximity on farmland prices in a landlocked country: the consequences for planning. **Soil and Water Research**, [s. l.]. v. 12(1), p. 18-28, 2017.

SKLENICKA, Petr et al. Factors affecting farmland prices in the Czech Republic. **Land Use Policy**, [s. l.]. v. 30(1), 2013.

SHI, Yue Jin; PHIPPS, Timothy T.; COLYER, Dale. Agricultural land values under urbanizing influences. **Land economics**, [s. l.]. p. 90-100, 1997.

SEGANTINE, Paulo; SILVA, Irineu. **Topografia para engenharia: teoria e prática de geomática**. Elsevier Brasil, Brasília, 2015.

SILVA, Claudinei Chalito da et al. **Uma análise dos elementos que determinam os preços das terras rurais na região Centro Oeste do Estado do Paraná**. 2020. 104f. Dissertação (Mestrado Planejamento e Governança Pública). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

SILVA, J. A. M. E. Fatores de homogeneização e comportamento ao longo do tempo do valor da terra nua para o sertão. **Anais: XIV COBREAP**, 2007.

SILVA, Lidianne Assia et al. Avaliação de linhagens e híbridos de sorgo quanto a tolerância ao alumínio. **EMBRAPA**, 2018.

SILVA, Marcio Lopes da et al. Estudo comparativo de três métodos de avaliação de terras florestais. **Cerne, Lavras**, v. 17, n. 2, p. 209 – 213, 2011.

SILVA, Ricardo. Avaliação de Imóveis Rurais e sua importância na constituição de garantias em operações de crédito bancário. **IPOG Especialize**, Porto Alegre, RS, (2016).

SOBRAL, Lafayette Franco et al. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos. **EMBRAPA**, Brasília, 2015.

SOLOS, Embrapa et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**, Rio de Janeiro, v. 3, 2013.

TEEL, Wayne S. Catching rain: sand dams and other strategies for developing locally resilient water supplies in semiarid areas of Kenya. **Agriculture and Ecosystem Resilience in Sub Saharan Africa: Livelihood Pathways Under Changing Climate**, [s. l.]. p. 327-342, 2019.

TEIXEIRA, A. M. et al. Desempenho de vacas Girolando mantidas em pastejo de Tifton 85 irrigado ou sequeiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s. l.]. v. 65, p. 1447-1453, 2013.

TELLES, Tiago Santos; REYDON, Bastiaan Philip; MAIA, Alexandre Gori. Effects of no-tillage on agricultural land values in Brazil. **Land Use Policy**, [s. l.]. v. 76, p. 124-129, 2018.

TELLES, Tiago Santos; MAIA, Alexandre Gori; REYDON, Bastiaan Philip. How soil conservation influences agricultural land prices. **Agronomy Journal**, [s. l.]. v. 114, n. 5, p. 3013-3026, 2022.

THEODORO, Lais Thuany Cardoso et al. Avaliação em Massa de Imóveis Rurais Através da Regressão Clássica e da Geoestatística. **Rev. Bras. Cartogr**, [s. l.]. v. 71, n. 2, p. 459-485, 2019.

THORNTHWAITE, Charles Warren. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical review**, [s. l.]. v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

THOFEHRN, Ragnar. **Avaliação em massa de imóveis urbanos: para cálculo de IPTU e ITBI**. Pini, [s. l.]. 2010.

TRALDI, Mariana. Os impactos socioeconômicos e territoriais resultantes da implantação e operação de parques eólicos no semiárido brasileiro. **Scripta Nova**, [s. l.]. v. 22, n. 589, p. 1-34, 2018.

TRONCOSO, Javier L. et al. Influence of physical attributes on the price of land: the case of the Province of Talca, Chile. **Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura**, [s. l.]. v. 37, n. 3, p. 105-112, 2010.

TSOODLE, Leah; GOLDEN, Bill; FEATHERSTONE, Allen. Determinants of Kansas agricultural land values. **Selected Paper. Presented at the Southern Agricultural Economics Association**, Kansas, 2003.

UEMATSU, Hiroki; KHANAL, Aditya R.; MISHRA, Ashok K. The impact of natural amenity on farmland values: A quantile regression approach. **Land Use Policy**, [s. l.]. v. 33, p. 151-160, 2013.

VANDEVEER, L. et al. Rural Land Values at the Urban Fringe. In: **Louisiana Agriculture**, Louisiana, v. 44 (2), 2001.

VIANA, Maria Celuta Machado et al. Produção de biomassa e índice de área foliar em gramíneas forrageiras em sistema irrigado e de sequeiro, durante a estação seca. In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal. **Anais**. SBFV Recife. Brasil. 2005. p. 1-3.

ZROBEK, Sabina et al. Fuzzy logic method of valuation supporting sustainable development of the agricultural land market. **Sustainable Development**, [s. l.]. v. 28, n. 5, p. 1094-1105, 2020.

ZRÓBEK-SOKOLNIK, Anna *et al.* O Espaço Rural: Sustainable Development of Residential Buildings in Relation to Protected Areas. In: Environmental Engineering. **Proceedings of the International Congress of Environmental Engineering**, [s. l.]. p. 1-9, 2017.

WANG, Haoying. The spatial structure of farmland values: a semiparametric approach. **Agricultural and Resource Economics Review**, [s. l.]. v. 47, n. 3, p. 568-591, 2018.

WERLANG, Sérgio Ribeiro. A teoria do preço da terra. **FGV/EAESP**, Rio de Janeiro, Resenha, n. 23, p. 28, 1982.

APÊNDICE A - RESUMO DO MODELO PELO MÉTODO POR ETAPAS COM AMOSTRA COMPLETA E USANDO APENAS OS NEGÓCIOS REALIZADOS

Tabela 01 - Resumo do modelo pelo método por etapas com amostra completa

Modelo	R	R ²	R ² Ajustado	Erro padrão da estimativa
1	0,460a	0,212	0,209	1,033
2	0,584b	0,341	0,336	0,947
3	0,639c	0,408	0,401	0,899
4	0,689d	0,475	0,467	0,848
5	0,718e	0,515	0,506	0,817
6	0,753f	0,567	0,557	0,773
7	0,826g	0,683	0,675	0,662
8	0,840h	0,706	0,697	0,640
9	0,852i	0,725	0,716	0,619
10	0,857j	0,734	0,724	0,610

a. Preditores: (Constante), Irrigação

b. Preditores: (Constante), Irrigação, Classe_II

c. Preditores: (Constante), Irrigação, Classe_II, Classe_V

d. Preditores: (Constante), Irrigação, Classe_II, Classe_V, Distancia

e. Preditores: (Constante), Irrigação, Classe_II, Classe_V, Distancia, Classe_VI

f. Preditores: (Constante), Irrigação, Classe_II, Classe_V, Distancia, Classe_VI, Classe_IV

g. Preditores: (Constante), Irrigação, Classe_II, Classe_V, Distancia, Classe_VI, Classe_IV, Classe_III

h. Preditores: (Constante), Irrigação, Classe_II, Classe_V, Distancia, Classe_VI, Classe_IV, Classe_III, Sem_exploração

i. Preditores: (Constante), Irrigação, Classe_II, Classe_V, Distancia, Classe_VI, Classe_IV, Classe_III, Sem_exploração, Mista

j. Preditores: (Constante), Irrigação, Classe_II, Classe_V, Distancia, Classe_VI, Classe_IV, Classe_III, Sem_exploração, Mista, Area

k. Variável dependente: VTN_ha

Tabela 2 - Resumo do modelo pelo método por etapas utilizando apenas NR

Modelo	R	R ²	R ² Ajustado	Erro padrão da estimativa
1	,503a	0,253	0,249	1,017
2	,627b	0,393	0,387	0,919
3	,723c	0,522	0,516	0,817
4	,761d	0,580	0,572	0,768
5	,783e	0,613	0,604	0,738
6	,833f	0,694	0,685	0,658
7	,859g	0,738	0,729	0,611
8	,871h	0,759	0,750	0,587
9	,881i	0,776	0,766	0,567
10	,888j	0,789	0,779	0,552

a. Predictors: (Constant), Área

b. Predictors: (Constant), Área, Irrigação

c. Predictors: (Constant), Área, Irrigação, Classe_V

d. Predictors: (Constant), Área, Irrigação, Classe_V, Classe_VI

e. Predictors: (Constant), Área, Irrigação, Classe_V, Classe_VI, Classe_III

f. Predictors: (Constant), Área, Irrigação, Classe_V, Classe_VI, Classe_III, Classe_IV

g. Predictors: (Constant), Área, Irrigação, Classe_V, Classe_VI, Classe_III, Classe_IV, Classe_II

h. Predictors: (Constant), Área, Irrigação, Classe_V, Classe_VI, Classe_III, Classe_IV, Classe_II, Sem_exp

i. Predictors: (Constant), Área, Irrigação, Classe_V, Classe_VI, Classe_III, Classe_IV, Classe_II, Sem_exp, Mista

j. Predictors: (Constant), Área, Irrigação, Classe_V, Classe_VI, Classe_III, Classe_IV, Classe_II, Sem_exp, Mista, Distância

k. Variável dependente: VTN_ha

APÊNDICE B – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA AS SEGUINTE ANÁLISES DE CORRESPONDÊNCIAS: POTENCIAL DE IRRIGAÇÃO / TIPO DE EXPLORAÇÃO; POTENCIAL DE IRRIGAÇÃO / TIPOLOGIA DE USO DOS SOLOS; E TIPO DE EXPLORAÇÃO / TIPOLOGIA DE USO DOS SOLOS.

Objetivando-se verificar, inicialmente, a existência de associação estatisticamente significativa entre as variáveis mencionadas no parágrafo anterior, foi realizado o teste qui-quadrado.

Tabela 1 – Teste Qui-quadrado (χ^2) de Pearson

Variáveis testadas		Valor	GL	valor-P	X2calc
Potencial de Irrigação versus Tipo de Exploração	Qui-quadrado (χ^2) de Pearson	22,615	3	0,000	
Potencial de Irrigação versus Tipologia de Uso do Solo	Qui-quadrado (χ^2) de Pearson	51,464	5	0,000	
Tipo de Exploração versus Tipologia de Uso do Solo	Qui-quadrado (χ^2) de Pearson	165,623	15	0,000	

Embora o teste de X2 tenha mostrado a existência de um padrão de dependência, é a análise do resíduos padronizados ajustados que revelará os padrões característicos de cada subgrupo de uma variável quando comparados com os subgrupos de outra variável (FAVERO e BELFIORE, 2017), Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2 – Contingência com a frequência absoluta observada (Potencial de Irrigação/Tipo de Exploração)

Potencial de Irrigação/Tipo de Exploração	Não	Sim	Total
Agricultura	50	42	$\sum c1 = 92$
Mista	110	27	$\sum c2 = 137$
Pecuária	15	1	$\sum c3 = 16$
Sem Exploração	39	14	$\sum c4 = 53$
Total	$\sum 11 = 214$	$\sum 12 = 84$	298

Tabela 3 – Contingência com a frequência absoluta observada (Potencial de Irrigação/Classes de Uso do Solo)

Potencial de Irrigação/Tipologia de uso do solo	Não	Sim	Total
Uso restrito	23	1	$\sum c1 = 24$
Baixa produtividade	63	5	$\sum c2 = 69$
Média produtividade	59	21	$\sum c3 = 80$
Alta produtividade	17	22	$\sum c4 = 39$
Terras arenosas	49	26	$\sum c5 = 75$
Aluvião	3	9	$\sum c6 = 12$
Total	$\sum 11 = 214$	$\sum 11 = 84$	298

Tabela 4 – Contingência com a frequência absoluta observada (Tipo de Exploração/Classes de Uso do Solo)

Tipo de Exploração /Tipologia de uso do solo	Agricultura	Mista	Pecuária	Sem Exploração	Total
Uso restrito	0	14	5	5	$\sum c1 = 24$
Baixa produtividade	0	51	6	11	$\sum c2 = 68$
Média produtividade	12	49	5	14	$\sum c3 = 80$
Alta produtividade	19	8	0	12	$\sum c4 = 39$
Terras arenosas	58	6	0	11	$\sum c5 = 75$
Aluvião	3	9	0	0	$\sum c6 = 12$
Total	$\sum 11 = 92$	$\sum 12 = 137$	$\sum 13 = 16$	$\sum 14 = 53$	298

Posteriormente, foram adotados os seguintes passos (FAVERO e BELFIORE, 2017):

Cálculo das frequências absolutas esperadas, por meio da seguinte equação:

$$X_e = \frac{\sum c_i * \sum l_j}{N} \quad (01)$$

Em que: X_e = frequência absolutas esperada; $\sum c_i$ = somatório da frequência absolutas observada; $\sum l_j$ = somatório da frequência absolutas esperada; N = número total das observações.

De posse das frequências observadas e esperadas, calculou-se o resíduo (diferença entre as frequências absolutas observadas e esperadas) e posteriormente efetuou-se o cálculo dos resíduos padronizados por meio da equação 02:

$$e_{padronizado} = \frac{(\sum c_i - E)}{\sqrt{X_e}} \quad (02)$$

Em que: $e_{padronizado}$ = resíduo padronizado; E = resíduo

Por fim, efetuou-se o cálculo do resíduo padronizado ajustado:

$$e_{padronizado\ ajustado\ ij} = \frac{e_{padronizado\ ij}}{\sqrt{1 - \frac{\sum c_i}{N}} \sqrt{1 - \frac{\sum l_j}{N}}} \quad (03)$$

Em que: $e_{padronizado\ ajustado}$ = resíduo padronizado ajustado

APÊNDICE C – VARIÁVEIS DERIVADAS DO MODELO

Tabela 1 – Equações para os imóveis classificados como de sequeiro e com o tipo de exploração de agricultura

Uso Restrito	$\widehat{VTN} = 6,048 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Baixa Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,900 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Média Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 + 1,512 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Alta Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 + 1,841 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Arenosas	$\widehat{VTN} = 6,048 + 2,135 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Aluvião	$\widehat{VTN} = 6,048 + 2,690 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$

Tabela 2 – Equações para os imóveis classificados como de sequeiro e com o tipo de exploração mista

Uso Restrito	$\widehat{VTN} = 6,048 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Baixa Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 - 0,414 + 0,900 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Média Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 - 0,414 + 1,512 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Alta Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 - 0,414 + 1,841 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Terras	$\widehat{VTN} = 6,048 - 0,414 + 2,135 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Arenosas	
Aluvião	$\widehat{VTN} = 6,048 - 0,414 + 2,690 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$

Tabela 3 – Equações para os imóveis classificados como de sequeiro e sem exploração

Uso Restrito	$\widehat{VTN} = 6,048 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Baixa Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 - 0,669 + 0,900 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Média Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 - 0,669 + 1,512 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Alta Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 - 0,669 + 1,841 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Arenosas	$\widehat{VTN} = 6,048 - 0,669 + 2,135 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Aluvião	$\widehat{VTN} = 6,048 - 0,669 + 2,135 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$

Tabela 4 – Equações para os imóveis classificados como irrigáveis e com o tipo de exploração de agricultura

Uso Restrito	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Baixa Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 + 0,900 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Média Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 + 1,512 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Alta Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 + 1,841 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Arenosas	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 + 2,135 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Aluvião	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 + 2,690 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$

Tabela 5 – Equações para os imóveis classificados como irrigáveis e com o tipo de exploração mista

Uso Restrito	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Baixa Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 - 0,414 + 0,900 - 0,001. \text{área}$ $- 0,014. \text{distância}$
Média Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 - 0,414 + 1,512 - 0,001. \text{área}$ $- 0,014. \text{distância}$
Alta Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 - 0,414 + 1,841 - 0,001. \text{área}$ $- 0,014. \text{distância}$
Arenosas	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 - 0,414 + 2,135 - 0,001. \text{área}$ $- 0,014. \text{distância}$
Aluvião	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 - 0,414 + 2,690 - 0,001. \text{área}$ $- 0,014. \text{distância}$

Tabela 6 – Equações para os imóveis classificados como irrigáveis e sem exploração

Uso Restrito	$\widehat{VTN} = 6,048 - 0,001. \text{área} - 0,014. \text{distância}$
Baixa Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 - 0,669 + 0,900 - 0,001. \text{área}$ $- 0,014. \text{distância}$
Média Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 - 0,669 + 1,512 - 0,001. \text{área}$ $- 0,014. \text{distância}$
Alta Prod.	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 - 0,669 + 1,841 - 0,001. \text{área}$ $- 0,014. \text{distância}$
Arenosas	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 - 0,669 + 2,135 - 0,001. \text{área}$ $- 0,014. \text{distância}$
Aluvião	$\widehat{VTN} = 6,048 + 0,584 - 0,669 + 2,690 - 0,001. \text{área}$ $- 0,014. \text{distância}$

APÊNDICE D – VERIFICAÇÃO DOS PRESSUPOSTOS DO MODELO

Verificou-se a normalidade dos dados de acordo com os testes da Tabela 1. Percebe-se que em ambos os testes o valor de significância é inferior a 5% o que nos faz rejeitar a hipótese nula e assumir que os resíduos não têm distribuição normal. No entanto, tendo em vista que o valor de significância do teste de Kolmogorov-Smirnov ter se aproximado muito de 5% e de termos mais de 100 observações, considera-se que os dados possuem distribuição normal.

Tabela 1 – Teste de normalidade

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
Resíduo não padronizado	0,054	276	0,048	0,980	276	0,001

a. Correção de significância Lilliefors

O segundo pressuposto analisado foi o da autocorrelação dos resíduos da regressão que foi analisado por meio da estatística Durbin-Watson (DW). Field (2009) sugere que valores de DW menores que 1 e maiores que 3 devam ser motivos para preocupações. O valor calculado de acordo com a Tabela 07 (capítulo 1) foi de $DW = 1,513$. Portanto, não há violação desse pressuposto.

O outro pressuposto avaliado, por meio da análise do VIF da Tabela 07 (capítulo 1), foi o da multicolinearidade. Valores de VIF acima de 5 e próximos a zero indicam colinearidade entre as variáveis, de acordo com os resultados obtidos verifica-se que não existe problema de multicolinearidade no modelo. Pela análise da Figura 1, percebe-se que os dados estão dispersos em torno do zero. Esse padrão é indicativo de que o pressuposto da homoscedasticidade foi satisfeito. Também por meio da análise da Figura 1, constata-se que o pressuposto da linearidade foi atendido, dado que os dados não apontam para qualquer tipo de gráfico.

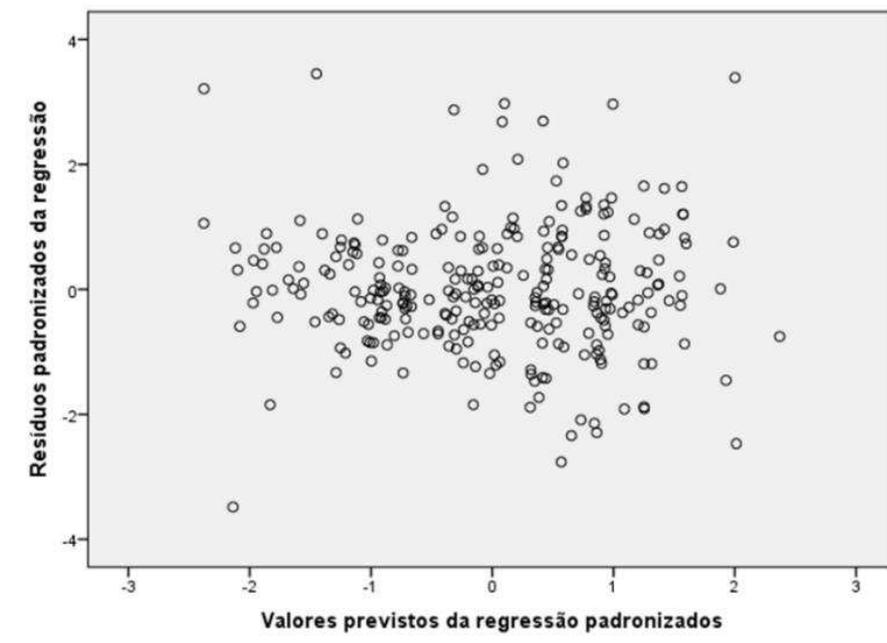


Figura 1 – Relação entre os valores previstos de regressão padronizados e resíduos padronizados da regressão.

**APÊNDICE E – FATORES PARA DETERMINAÇÃO DAS CLASSES DE USO DA
TERRA ADAPTADO DE KZOMA (1984)**

Tabela 1 - Fatores determinantes das classes de uso das terras

FATORES LIMITANTES	CARACTERÍSTICAS	CLASSES							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1. Fertilidade Natural	a. Muito Alta	X							
	b. Alta	X							
	c. Média		X						
	d. Baixa			X					
	e. Muito Baixa					X			
2. Profundidade Efetiva	a. Muito Profunda	X							
	b. Profunda	X							
	c. Moderada		X						
	d. Rasa				X				
	e. Muito rasa						X		
3. Drenagem Interna	a. Excessiva		X						
	b. Forte		X						
	c. Acentuada		X						
	d. Bem Drenado	X							
	e. Moderada		X						
	f. Imperfeita			X					
	g. Mal Drenado					X			
	h. Muito mal drenado								X
4. Deflúvio Superficial	a. Muito Rápido				X				
	b. Rápido			X					
	c. Moderado		X						
	d. Lento	X							
	e. Muito Lento		X						
5. Pedregosidade	a. Sem Pedras	X							
	b. Ligeiramente Pedregoso		X						
	c. Moderadamente Pedregoso			X					
	d. Pedregoso				X				
	e. Muito Pedregoso					X			
	f. Extremamente Pedregoso						X		
6. Riscos de Inundação	a. Ocasional			X					
	b. Freqüente					X			
	c. Muito Freqüente							X	
7. Classe de Declividade	a. Plano	X							
	b. Suave ondulado		X						
	c. Ondulado			X					
	d. Moderadamente Ondulado				X				
	e. Forte Ondulado					X			
	f. Montanhoso						X		

		g. Escarpado							X
		a. Não Aparente	X						
		b. Ligeira		X					
		c. Moderada			X				
8.Grau de Erosão Laminar		d. Severa				X			
		e. Muito Severa					X		
		f. Extremamente severa						X	
		a. Ocasionais	X						
Rasos		b. Freqüentes		X					
		c. Muito Freqüentes			X				
		a. Ocasionais		X					
9.Sulcos Médios		b. Freqüentes			X				
		c. Muito Freqüentes				X			
		a. Ocasionais			X				
Profundos		b. Freqüentes				X			
		c. Muito Freqüentes					X		

**APÊNDICE F – CÁLCULO DA NOTA AGRONÔMICA DOS IMÓVEIS QUE
COMPÕEM A AMOSTRA DA AVALIAÇÃO NA PERSPECTIVA DE SEQUEIRO**

Tabela 1 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 1, com localização muito boa, sendo 10 km de distância da cidade em estrada pavimentada e 1km em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	76,00%	0,447	0,3129
Classe VI** - Fator Limitante: muito baixa fertilidade	24,00%	0,276	0,0828
	100,00%		Nota Agronômica final 0,406

*76% Luvissole crômico

**24% Planossolo hálpico

Tabela 2 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 2, com localização ótima, sendo 5 km de distância da cidade pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	68,00%	0,470	0,329
Classe VI** - Fator Limitante: muito baixa fertilidade	32,00%	0,290	0,087
	100,00%		Nota Agronômica final 0,412

*68% Luvissole crômico

**32% Planossolo hálpico

Tabela 3 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 3, com localização boa, sendo 8 km de distância da cidade em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	48,00%	0,423	0,2115
Classe VI** - Fator Limitante: muito baixa fertilidade	52,00%	0,261	0,1305
	100,00%		Nota Agronômica final 0,339

*48% Luvissole crômico

**52% Planossolo hálpico

Tabela 4 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 4, com localização ótima, sendo 7 km de distância da cidade em estrada pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	51,00%	0,470	0,235
Classe VI** - Pedregosidade: muito pedregoso	49,00%	0,290	0,116
	100,00%	Nota Agronômica final	0,382

*51% Luvissole

**49% Neossolo regolítico

Tabela 5 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 5, com localização muito boa, sendo 13 km de distância da cidade, com 12 km em estrada pavimentada e 1 km em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	100,00%	0,447	0,2235
	100,00%	Nota Agronômica final	0,447

*100% Luvissole crômico

Tabela 6 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 6, com localização muito boa, sendo 4 km de distância da cidade, com 1,5 km em estrada pavimentada e 2,5 km em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	100,00%	0,447	0,2235
	100,00%	Nota Agronômica final	0,447

*100% Luvissole crômico

Tabela 7 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 7, com localização regular, sendo 28 km de distância da cidade, com 22 km em estrada pavimentada e 6 km em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	60,00%	0,376	0,188
Classe VI** - Fator Limitante: muito pedregoso	40,00%	0,232	0,116
	100,00%		Nota Agronômica final 0,318

*60% Luvissole

**40% Neossolo litólico

Tabela 8 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 8, com localização boa, sendo 18 km de distância da cidade, com 12 km em estrada pavimentada e 6 km em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe III* - Fator Limitante: risco de inundação ocasional	53,00%	0,549	0,0549
Classe VI** - Fator Limitante: muito pedregoso	47,00%	0,261	0,1305
	100,00%		Nota Agronômica final 0,414

*53% Argissolo vermelho amarelo

**47% Neossolo litólico

Tabela 9 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 9, com localização boa, sendo 14 km de distância da cidade, com 6 km em estrada pavimentada e 8 km em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	86,00%	0,423	0,2115
Classe VI** - Fator Limitante: muito baixa fertilidade	14,00%	0,261	0,1305
	100,00%		Nota Agronômica final 0,400

*86% Luvissole crômico

**14% Planossolo hálpico

Tabela 10 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 10, com localização muito boa, sendo 2 km de distância da cidade em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	12,00%	0,447	0,2235
Classe VI** - Fator Limitante: muito pedregoso	88,00%	0,276	0,1104
	100,00%		Nota Agronômica final 0,297

*12% Luvissole crômico

**88% Neossolo lítico

Tabela 11 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 11, com localização boa, sendo 16 km de distância da cidade, com 10 km em estrada pavimentada e 6 km em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	75,00%	0,423	0,2115
Classe VI** - Fator Limitante: muito pedregoso	25,00%	0,261	0,1305
	100,00%		Nota Agronômica final 0,383

*75% Luvissole crômico

**25% Planossolo hálpico

Tabela 12 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 12, com localização regular, sendo 19 km de distância da cidade, com 1 km em estrada pavimentada e 18 km em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	68,00%	0,376	0,2068
Classe VI - Fator Limitante: muito baixa fertilidade	32,00%	0,232	0,0812
	100,00%		Nota Agronômica final 0,330

*68% Luvissole crômico

**32% Planossolo hálpico

Tabela 13 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 13, com localização regular, sendo 38 km de distância da cidade, com 36 km em estrada pavimentada e 2 km em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	100,00%	0,376	0,2068
	100,00%	Nota Agronômica final	0,376

*100% Luvissole crômico

Tabela 14 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 14, com localização regular, sendo 15 km de distância da cidade em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	100,00%	0,376	0,2068
	100,00%	Nota Agronômica final	0,376

*100% Luvissole crômico

APÊNDICE G – CÁLCULO DA NOTA AGRONÔMICA DOS IMÓVEIS QUE COMPÕEM A AMOSTRA DA AVALIAÇÃO NA PERSPECTIVA IRRIGADA

Tabela 1 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 1, com localização ótima, sendo 11 km de distância da cidade em estrada pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	100%	0,470	0,282
	100,00%	Nota Agronômica final	
			0,470

*100% Luvissole crômico

Tabela 2 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 2, com localização boa, sendo 10 km de distância da cidade em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	100,00%	0,423	0,2538
	100,00%	Nota Agronômica final	
			0,423

*100% Luvissole crômico

Tabela 3 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 3, com localização regular, sendo 22 km de distância da cidade, com 10 km em estrada pavimentada e 12 km em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe III* - Fator Limitante: risco de inundação ocasional	40,00%	0,488	0,0976
Classe VI** - Fator limitante: muito pedregoso	60,00%	0,232	0,0928
	100,00%	Nota Agronômica final	
			0,341

*40% Argissolo vermelho amarelo; **60% Neossolo litólico

Tabela 4 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 4, com localização ótima, sendo 5 km de distância da cidade em estrada pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe VI* - Fator limitante: fertilidade muito baixa	100,00%	0,290	0,116
	100,00%	Nota Agronômica final	
			0,290

*100% Planossolo hálpico

Tabela 5 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 5, com localização muito boa, sendo 12 km de distância da cidade, com 4km em estrada não pavimentada e 8km em estrada pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV* - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	100,00%	0,447	0,24585
	100,00%	Nota Agronômica final 0,447	

*100% Luvissole crômico

Tabela 6 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 6, com localização muito boa, sendo 15,5 km de distância da cidade, com 14 km em estrada pavimentada e 1,5 km em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe III* - Fator Limitante: risco de inundação ocasional	67%	0,580	0,058
Classe VI** - Fator limitante: muito pedregoso	33%	0,276	0,1104
	100,00%	Nota Agronômica final 0,480	

*67% Argissolo vermelho amarelo

**33% Neossolo litólico

Tabela 7 - Cálculo da nota agronômica da unidade amostral denominada imóvel 7, com localização muito boa, sendo 13 km de distância da cidade, com 10 km em estrada pavimentada e 3 km em estrada não pavimentada

Classes de Solos	Percentual no imóvel	Índice	Nota Agronômica
Classe IV - Fator Limitante: sulcos rasos muito frequentes	100,00%	0,447	0,2235
	100,00%	Nota Agronômica final 0,447	

*100% Luvissole crômico

APÊNDICE H – ANÁLISE DE SOLOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ				GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ						
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS				SRH/FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E						
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO				RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME						
LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA										
CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021 - 970 - FORTALEZA - CE (Fone/Fax: (085) 3366 9689)										
Interessado: CENTEC										
Procedência: Fortaleza / Ceará							Perfil: --	Data: 09/05/2022		
RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO										
	Horizonte		Composição Granulométrica (g/kg)					Classificação		
Amostra	Símbolo	Prof (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural	Textural		
389	Açude do Tião	--	433	317	175	75	48	Franco arenosa		
390	Açude do Cocho	--	255	272	248	225	103	Franco argilo arenosa		
391	Açude das mangueiras	--	551	241	127	81	33	Areia franca		
392	Urubu	--	506	226	189	79	56	Franco arenosa		
Grau de Flocculação		Densidade (g/cm ³)		Umidade (g/100g)			pH		C.E	
(g/100g)		Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água Útil	Água	KCl	(dS/m)	
36		1,39	2,63	--	--	--	6,4	--	0,13	
54		1,35	2,59	--	--	--	6,1	--	0,19	
60		1,47	2,58	--	--	--	7,6	--	0,62	
30		1,35	2,60	--	--	--	6,7	--	0,47	
Complexo Sortivo (cmolc/kg)									-	
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + AP ⁺	AP ⁺	S	T	V (%)	m (%)	PST
4,90	0,70	0,23	0,22	1,82	0,05	6,0	7,9	77	1	3
9,60	3,80	0,12	0,42	2,81	0,05	13,9	16,7	83	0	1
1,80	6,90	0,70	0,11	1,16	0,00	9,5	10,7	89	0	7
1,20	7,30	0,65	0,26	2,15	0,00	9,4	11,6	81	0	6
C (g/kg)	N (g/kg)	C/N	M O (g/kg)	P Assimilável (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn(mg/kg)	B (mg/kg)	
6,66	0,71	9	11,48	23	*114,24	0,80	2,99	77,04	--	
6,84	0,73	9	11,79	26	154,73	2,51	4,72	130,07	--	
6,18	0,66	9	10,65	15	398,36	2,31	4,56	120,00	--	
8,34	0,91	9	14,38	96	331,96	2,49	8,04	149,46	--	

Responsável:



 LABORATÓRIO DE SOLOS
 SRH/FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E
 RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME

APÊNDICE I – ANÁLISE DE ÁGUA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO	GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SRH/FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME	
LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA		
CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021 - 970 - FORTALEZA - CE (Fone / Fax (085) 33669689)		
Interessado: JOSÉ CARLOS (CENTEC)	Procedência: CENTEC/ Ceará	Data: 09/05/2022

RESULTADOS DA ANÁLISE DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO											
Laboratório	Remetente	Cátions (mmol.L ⁻¹)					Ânions (mmol.L ⁻¹)				
(Nº)	(Marca)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Σ	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Σ
2022-003/9	029	1,05	1,10	0,30	0,81	3,26	0,90	0,13	1,68	--	2,71
2022-003/10	030	0,30	0,80	0,26	0,08	1,45	0,60	0,04	0,06	0,68	1,38
2022-004/1	031	0,55	0,60	0,34	0,67	2,15	0,90	0,07	1,14	--	2,11
2022-004/2	032	1,10	1,25	0,84	0,37	3,55	1,70	0,06	1,74	--	3,50
CE (dS m ⁻¹)	RAS	pH	Sólidos Dissolvidos (mg L ⁻¹)			Classificação	P(mg/L)	Observações			
0,27	0,20	6,7	270			C ₂ S ₁	--	Açude do Tião			
0,12	0,25	8,8	115			C ₁ S ₁	--	Açude do Cocho			
0,19	0,31	6,6	186			C ₁ S ₁	--	Açude dos Urubus			
0,34	0,55	6,3	335			C ₂ S ₁	--	Açude das Mangueiras			

CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

Significância das Categorias de Salinidade

- C₁** Água de baixa salinidade. Pode ser utilizada para fins de irrigação da maioria das culturas e solos, com pouco perigo de risco de salinidade.
- C₂** Água com salinidade média. Pode ser utilizada, se uma quantidade moderada de lixiviação ocorrer. Na maioria dos casos, plantas com uma tolerância ao sal podem ser cultivadas sem considerações especiais.
- C₃** Água de alta salinidade. Não pode ser utilizada em solos com drenagem deficiente e deve ser aplicada somente em culturas com uma alta tolerância ao sal.
- C₄** Água de salinidade muito alta. Não é adequada para irrigação comum. Se, entretanto, culturas com uma tolerância muito alta ao sal forem cultivadas em solos altamente permeáveis e bem drenados e se um excesso de água de irrigação é utilizada, a fim de prover uma copiosa lixiviação, o seu uso deve ser levado em consideração.

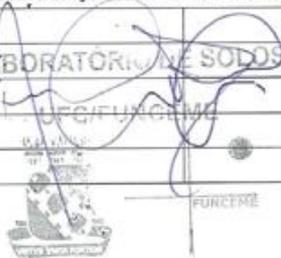
Significância das Categorias de Sódio

- S₁** Água com baixo conteúdo de sódio. Pode ser usada para irrigação em quase todos os tipos de solos. Entretanto, certas culturas que são altamente sensíveis a sódio podem ser afetadas.
- S₂** Água com conteúdo médio de sódio. Pode ser usada em solos de boa textura, contendo gesso em abundância. Não deve ser utilizada em solos de fina textura, com alta capacidade de troca de cátions, particularmente sob baixas condições de lixiviação.
- S₃** Água com alto conteúdo de sódio. Pode causar considerável dano por sódio à maioria dos solos, porém pode ser aplicada sob certas condições bastante restritas.
- S₄** Água com conteúdo de sódio muito elevado. Geralmente insatisfatória para fins de irrigação, exceto talvez à baixa salinidade e sob condições bastante restritas.

CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA PARA O USO ANIMAL

Classificação	Sólidos dissolvidos (mg L ⁻¹)
• BOA	< 2.500
• SATISFATÓRIA	2.500 - 3.500
• POBRE	3.500 - 4.500
• INSATISFATÓRIA	> 4.500

- Responsável:



APÊNDICE J – CÁLCULO DO CUSTO DE PRODUÇÃO

Custo de produção de 1 ha de sorgo forrageiro irrigado - Primeiro Corte				
Fertilizantes e sementes (A)				
Produto	Medida	Quantidade	Valor (kg)	Total
Semente	kg			
MAP Granulado	kg	250	R\$ 6,96	R\$ 1.740,00
Sulfato de amônio	kg	200	R\$ 3,36	R\$ 672,00
Cloreto de potássio	kg	150	R\$ 6,64	R\$ 996,00
Ureia	kg	150	R\$ 4,92	R\$ 738,00
Total (A)				R\$ 4.146,00
Inseticida e herbicida (B)				
Produto	Medida	Quantidade	Valor (lts)	Total
Cropstar	lts	0,12	R\$ 310,00	R\$ 37,20
Booster	lts	0,15	R\$ 198,00	R\$ 29,70
Atrazina	lts	3	R\$ 45,00	R\$ 135,00
Nitamin	lts	3	R\$ 28,25	R\$ 84,75
Opera	lts	1	R\$ 113,00	R\$ 113,00
Evidenci	lts	0,3	R\$ 298,00	R\$ 89,40
Bazuka	lts	1	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Fluil	lts	0,25	R\$ 100,00	R\$ 25,00
Supa Link	lts	0,25	R\$ 50,00	R\$ 12,50
Total (B)				R\$ 576,55
Horas máquinas (C)				
Produto	Medida	Quantidade	Valor (kwh)	Total
Gradagem	h	2	R\$ 150,00	R\$ 300,00
Pulverização	h	0,5	R\$ 150,00	R\$ 75,00
Colheita	h	3	R\$ 200,00	R\$ 600,00
Total (C)				R\$ 975,00
Mão de obra (D)				
Produto	Medida	Quantidade	Valor (h/dia)	Total
Trabalhador	h/dia	75	R\$ 3,66	R\$ 274,50
Total (D)				R\$ 274,50
Total do Primeiro Corte (A) + (B) + (C) + (D)				R\$ 5.972,05
Custo de produção de 1 ha de sorgo forrageiro irrigado - Segundo Corte (E)				
Insumo	Medida	Quantidade	Valor (Unitário)	Total
Mão de obra	Salário	30	3,66	R\$ 109,80
Ureia	kg	300	R\$ 4,92	R\$ 1.476,00
Colheita	h	3	R\$ 200,00	R\$ 600,00
Energia	Kwh	100	R\$ 1,03	R\$ 103,35
Total (E)				R\$ 2.289,15
Total do Ciclo (A) + (B) + (C) + (D) +(E)				R\$ 8.261,20