



Universidade Federal Rural de Pernambuco

Departamento de Ciência Florestal

Engenharia Florestal

**ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO PARA PLANTIO DE *Eucalyptus urophylla*  
NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO**

Carlos Antônio Campelo Cavalcanti Silva

Recife, fevereiro de 2024



Universidade Federal Rural de Pernambuco

Departamento de Ciência Florestal

Engenharia Florestal

**ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO PARA PLANTIO DE *Eucalyptus urophylla*  
NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO**

Este projeto refere-se ao trabalho de conclusão do curso de Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, sob orientação do professor Dr. Emanuel Araújo Silva e coorientação da Ma. Débora de Melo Almeida.

Recife, fevereiro de 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S586z Silva, Carlos Antônio Campelo Calvalcanti  
ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO PARA PLANTIO DE *Eucalyptus urophylla* NA ZONA DA MATA DE  
PERNAMBUCO / Carlos Antônio Campelo Calvalcanti Silva. - 2024.  
29 f.

Orientador: Emanuel Araujo Silva.  
Coorientadora: Debora de Melo Almeida.  
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em  
Engenharia Florestal, Recife, 2024.

1. evapotranspiração. 2. floresta plantada. 3. deficiência hídrica. 4. Mata Atlântica. I. Silva, Emanuel Araujo, orient. II.  
Almeida, Debora de Melo, coorient. III. Título

CDD 634.9

---

**CARLOS ANTÔNIO CAMPELO CAVALCANTI SILVA**

**ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO PARA PLANTIO DE *Eucalyptus urophylla*  
NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO**

**BANCA EXAMINADORA**

19 de fevereiro de 2024

---

Me. Alex Nascimento de Sousa

(Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)

---

Ma. Moema Barbosa de Sousa

(Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)

---

Dr. Emanuel Araújo Silva

(Orientador – Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)

---

Ma. Débora de Melo Almeida

(Coorientadora – Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)

**RECIFE - PE**

2024

## RESUMO

O estado de Pernambuco, compreendido pelos biomas Mata Atlântica e Caatinga, enfrenta desafios de degradação, especialmente na Mata Atlântica, o cultivo extenso de cana-de-açúcar resultou em fragmentação florestal deste bioma, com áreas empobrecidas e abandonadas. O trabalho sugere reestabelecer o uso dessas áreas degradadas considerando a demanda do mercado, tendo como objetivo principal realizar um zoneamento agroclimático das áreas com viabilidade para o plantio de eucalipto na Zona da Mata de Pernambuco. Para isso, foram coletados dados de temperatura média do ar e precipitação pluviométrica em quatro estações meteorológicas distribuídas na região, utilizando esses dados, foi calculado o balanço hídrico climático mensal, seguindo o método proposto por Thornthwaite e Mather (1955). Em seguida, os dados foram processados e mapeados em um ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) utilizando o software QGIS 3.16. O zoneamento agroclimático foi elaborado considerando as exigências climáticas da espécie *Eucalyptus urophylla*, destacando as áreas com condições térmicas e hídricas para o cultivo. Os resultados mostraram que cerca de 28,95% do território analisado na Zona da Mata apresenta aptidão para o desenvolvimento da espécie, concentrando-se em 16 municípios circundantes à Região Metropolitana do Recife. Essa área potencial totaliza 2428 km<sup>2</sup>. Por outro lado, aproximadamente 71,05% da área estudada foi considerada inapta devido aos níveis de déficit hídrico identificados. Esses resultados podem contribuir para o planejamento do uso da terra, promovendo práticas de cultivo mais sustentáveis e eficazes na região.

**Palavras-chave:** evapotranspiração, floresta plantada, deficiência hídrica, Mata Atlântica.

## ABSTRACT

The state of Pernambuco, encompassing the biomes of the Atlantic Forest and Caatinga, faces challenges of degradation, especially in the Atlantic Forest, extensive sugarcane cultivation has resulted in forest fragmentation of biome, with impoverished and abandoned areas. The study suggests reestablishing the use of these degraded areas considering market demand, with the main objective of conducting an agroclimatic zoning of areas suitable for eucalyptus plantation in the Zona da Mata of Pernambuco. To achieve this, data on average air temperature and precipitation were collected from four meteorological stations distributed in the region. Using these data, monthly climatic water balance was calculated following the method proposed by Thornthwaite and Mather (1955). Subsequently, the data were processed and mapped using a Geographic Information System (GIS) environment using QGIS 3.16 software. The agroclimatic zoning was elaborated considering the climatic requirements of the *Eucalyptus urophylla* species, highlighting areas with thermal and water conditions suitable for cultivation. The results showed that approximately 28.95% of the analyzed territory in the Zona da Mata is suitable for the development of the species, concentrating in 16 municipalities surrounding the Metropolitan Region of Recife. This potential area totals 2428 km<sup>2</sup>. On the other hand, approximately 71.05% of the studied area was considered unsuitable due to identified levels of water deficit. These results can contribute to land use planning, promoting more sustainable and effective cultivation practices in the region.

**Keywords:** evapotranspiration, planted forest, water deficit, Atlantic Forest.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exigências climáticas do <i>E. urophylla</i> .....	15
Tabela 2 - Faixa de aptidão para o <i>E. urophylla</i> .....	17
Tabela 3 - Deficiência Hídrica Mensal Calculada.....	17

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Zona da Mata de Pernambuco .....	12
Figura 2 - Pontos de Coleta de dados de Precipitação e Temperatura. ....	14
Figura 3 - Fluxograma da elaboração dos mapas. ....	16
Figura 4 - Mapa de temperatura média anual da Zona da Mata - PE. ....	19
Figura 5 - Mapa de deficiência hídrica média anual da Zona da Mata – PE. ....	20
Figura 6 - Mapa do zoneamento agroclimático para espécie de <i>E. urophylla</i> na Zona da Mata-PE. ....	22



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	OBJETIVOS.....	11
2.1	Objetivo Geral .....	11
2.2	Objetivos Específicos .....	11
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1	Área de estudo .....	11
3.2	Coleta de dados.....	12
3.3	Processamento dos dados .....	14
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
5	CONCLUSÃO.....	24
6	REFERÊNCIAS .....	26

## 1 INTRODUÇÃO

O estado de Pernambuco, localizado no Nordeste do Brasil, é representado por dois biomas: Mata Atlântica e Caatinga, sendo a Mata Atlântica presente em todo litoral do estado, com estimativas de remanescentes do bioma variam entre 11 e 16% (Fundação SOS Mata Atlântica, 2021; INPE, 2019). No entanto, Rezende et al. (2018) estimaram que a vegetação atual da Mata Atlântica está aproximadamente em 28%. Um dos processos que levou à essa fragmentação foi o extenso cultivo de cana-de-açúcar na região, resultando em fragmentos de diversos tamanhos, formas e distâncias entre eles (Trindade et al., 2005).

Apesar da Lei nº11.428, de 2006 que regulamenta a proteção e uso da biodiversidade e recursos dessa floresta, hoje, o processo de fragmentação florestal ainda persiste, de forma que extensas áreas se encontram praticamente empobrecidas de vegetação nativa, apresentando fragmentos remanescentes isolados na paisagem. É notadamente grave a situação dessas áreas, que em sua maioria encontram-se abandonadas e degradadas (Lima et al., 2017).

O reestabelecimento do uso dessas áreas de forma correta, possibilitaria a criação de uma extensa rede de corredores que contribuiria para aumentar a conectividade entre os fragmentos de vegetação remanescente, apoiando a conservação da biodiversidade, proteção dos recursos hídricos e do solo (Vilela, 2002). Atualmente, pela Lei nº11.428/2006, não é permitido implementar planos de manejo nos remanescentes da Mata Atlântica, contudo é possível explorar essas áreas já degradadas e de solo exposto.

Para poder explorar essas áreas é necessário entender a demanda comercial do estado. Com base em um estudo feito por Rocha (2018), os principais produtos florestais comercializados no estado de Pernambuco são, respectivamente, a lenha, carvão vegetal e madeira em tora. Entretanto, apenas uma pequena parte destes produtos são provenientes de planos de manejo (Silva et al, 2013), procedente em grande parte da Caatinga, levando diversas espécies vegetais deste bioma se tornarem ameaçadas de extinção, principalmente pela forte pressão extrativista de madeira para produção de carvão (Albuquerque, 2002).

Esses dados comprovam que há uma demanda do setor florestal no mercado que pode ser legalmente ampliada e diversificada para a Zona da Mata do estado, visto que segundo a EMBRAPA (2022) a região apresenta (i) solos aptos para as mais diversas atividades; (ii) água abundante; (iii) alta pluviosidade; (iv) proximidade com o Complexo Portuário de Suape e grandes centros urbanos.

Uma solução é o cultivo de florestas de crescimento rápido, que fornecem lenha de forma eficiente, reduzindo a pressão sobre a vegetação nativa e permitindo planejamento sustentável do uso da biomassa (Floriano, 2018). Segundo Coutinho et al. (2004), a Zona da Mata do estado de Pernambuco apresenta excelentes variáveis de solo e temperatura para o desenvolvimento de diversas espécies florestais. Assim, a região demonstra grande potencial para expansão e diversificação do setor florestal para o estado. Uma forma de mapear e expandir essas áreas é através do uso do sensoriamento remoto, pois possibilita, de forma organizada e criteriosa, análises espaciais e ambientais (Trindade et al., 2005) de áreas presentes na Zona da Mata que apresentem viabilidade para a cultura do eucalipto, com finalidade de atender e diversificar a demanda madeireira do estado.

O cultivo de eucalipto em Pernambuco representa uma estratégia econômica e ambientalmente viável para a região. O eucalipto (*Eucalyptus urophylla* spp.) é valorizado por seu rápido crescimento e versatilidade, sendo amplamente utilizado na produção de celulose, papel, carvão vegetal e madeira serrada (Silva, 2013). Reestabelecer o uso das áreas degradadas com espécies florestais não apenas atende à demanda do mercado por produtos florestais, mas também contribui para a proteção do solo, a conservação da biodiversidade, promovendo assim o desenvolvimento sustentável da região (Silva, 2013).

As imagens geradas por satélites permitem enxergar o planeta de uma posição privilegiada, possibilitando uma visão sinóptica e multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre. Sendo uma grande ferramenta para o estudo e monitoramento dos recursos naturais e modelagem do meio ambiente. Elas mostram o ambiente e sua transformação, destacando seu uso e ocupação do espaço (Caldas, 2006). Tornando um diferencial seguro para tomadas de decisões quanto ao uso de determinadas áreas. Através

desta ferramenta é possível mapear grandes áreas, em intervalos relativamente curtos a baixo custo e identificar as variáveis desejadas (Amaral, 2008).

O zoneamento agroclimático pode ser usado como uma ferramenta para o planejamento territorial e a gestão sustentável de recursos naturais, especialmente em áreas de expansão de florestas plantadas (Mencía, Lopes, Zanchi, 2023). Esses zonamentos consideram fatores climáticos visando garantir uma produção florestal sustentável, compatível com a conservação dos recursos naturais e o bem-estar da população presente e futura. O desenvolvimento de zonamentos agroclimáticos específicos para diferentes espécies de eucalipto, como *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* é uma ferramenta para orientar o manejo florestal e maximizar a produtividade dessas plantações (Higa e Wrege, 2010; Lima et al. 2011).

Neste contexto, busca-se com esse trabalho realizar um levantamento e zoneamento agroclimático das áreas com viabilidade para o plantio de eucalipto pertencentes a extensão da Zona da Mata do estado de Pernambuco. O zoneamento agroclimático permitirá uma compreensão profunda das características do clima, elemento crucial para o desenvolvimento saudável e vigoroso dessas árvores. Ao realizar essa análise meticulosa, almeja-se contribuir significativamente para o planejamento eficaz do uso da terra, promovendo práticas de cultivo ecológicas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Zonear a extensão territorial da Zona da Mata de Pernambuco, identificando áreas aptas ao plantio florestal de eucalipto.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- a) Mapear a área em função das suas características climáticas;
- b) Identificar as áreas em potencial para o plantio de eucalipto.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Área de estudo**

A área de estudo corresponde aos limites da Zona da Mata do estado de Pernambuco (Figura 1), localizado no Nordeste brasileiro, com somatório de 43 municípios, tendo aproximadamente uma área de 8.400 km<sup>2</sup> (IBGE, 2019).

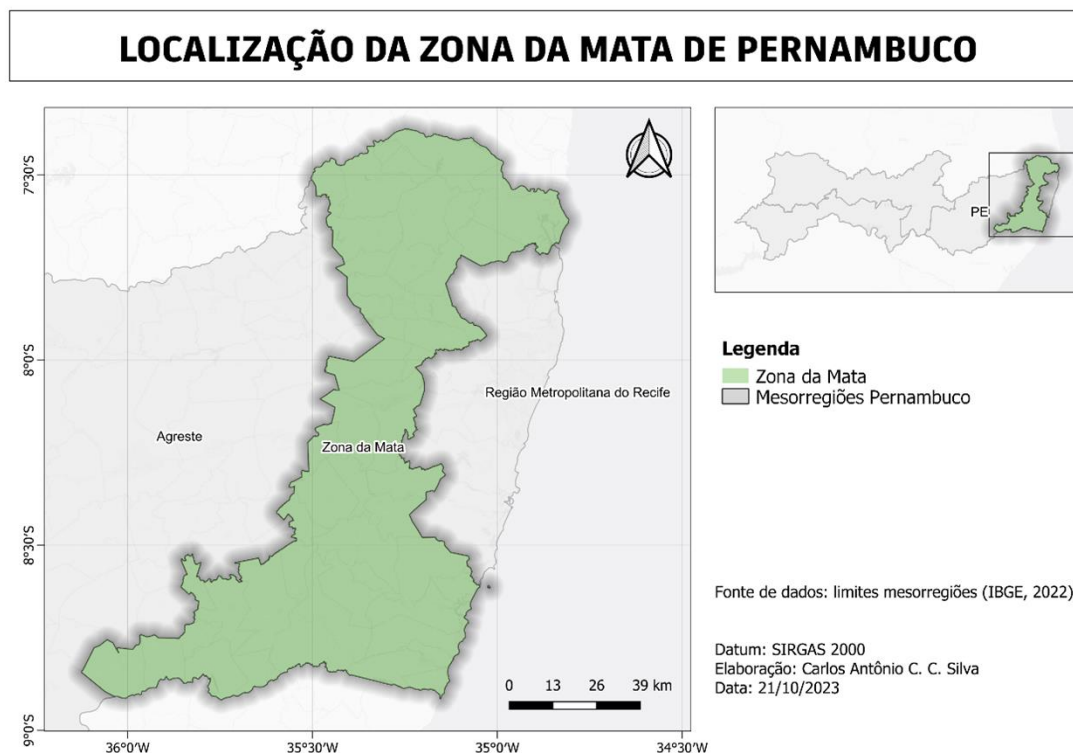


Figura 1 - Localização da Zona da Mata de Pernambuco

A principal atividade agropecuária e agroindustrial é a cana-de-açúcar e seus derivados, sendo atualmente mais diversificada para outros cultivos, como frutíferas e hortaliças (EMBRAPA, 2022). Na caracterização do ambiente, podemos destacar o solo da região, predominantemente formado por Argissolo e Latossolo bem desenvolvidos, apresentando boa aptidão agrícola (SBCS, 2018), o que explica a região ter um maior potencial econômico no estado, conhecida como região canavieira (Medeiros et al. 2021). O relevo é caracterizado como planície litorânea segmentar limitada pelo planalto da Borborema (SANTOS, 2014). A vegetação é classificada como Mata Atlântica, que inclui árvores de grande e médio porte e gramíneas, com uma rica fauna. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é  $As'$ , ou seja, tropical quente úmido com chuvas de outono-inverno. Na Zona da Mata e no setor litorâneo a variabilidade da temperatura média é de 23,4 a 25,8°C (Medeiros et al. 2021).

### 3.2 Coleta de dados

Foram empregados dados referentes às temperaturas médias do ar e ao total mensal de precipitação pluvial, em uma abordagem mensal, considerando o ano de 2021, marcado pela disponibilidade de dados completos em um maior número de estações. Os

dados meteorológicos foram coletados em três pontos de medição, todos vinculados ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), responsáveis pela monitorização da temperatura do ar e da precipitação.

A escolha de pontos de medição no agreste se deu por falta de estações na região da zona da mata com dados meteorológicos completos. Adicionalmente, optou-se por incluir um ponto localizado fora do estado, visando atenuar o efeito de borda no processo de interpolação pelo inverso da distância (IDW), seguindo a prática de Andrade (1998). Ao todo, foram considerados quatro pontos de medição, cuja distribuição espacial é apresentada na Figura 2.

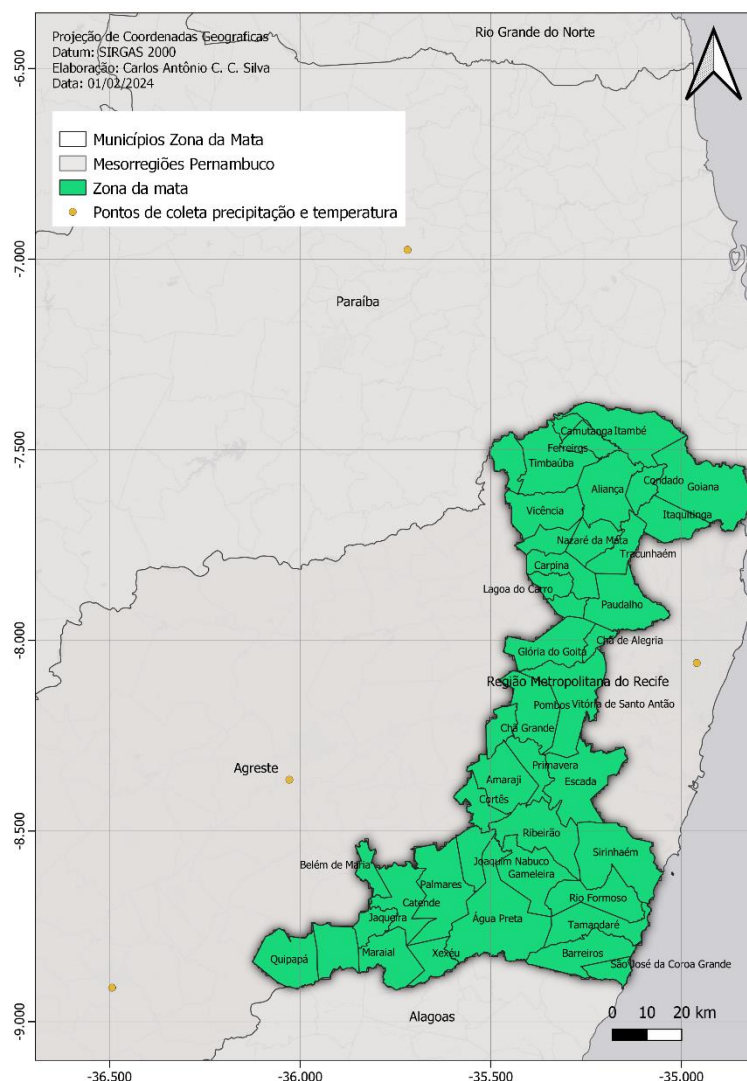


Figura 2 - Pontos de Coleta de dados de Precipitação e Temperatura de estações do INMET do ano 2021.

### 3.3 Processamento dos dados

A partir dos registros de temperatura média do ar e precipitação pluviométrica em cada estação meteorológica, foi realizado o cálculo do balanço hídrico climático mensal. Este cálculo foi executado utilizando o método proposto por Thornthwaite e Mather (1955), com o auxílio do programa "BHnorm", desenvolvido em planilha Excel por Rolim, Sentelhas, Barbieri (1998). Adotou-se uma capacidade máxima de armazenamento de água no solo (CAD) de 300 mm, conforme recomendado para espécies florestais (Pereira, Angelocci, Sentelhas, 2002).

As exigências climáticas do eucalipto apresentada na Tabela 1, foram baseadas no estudo de Sperandio (2010) que definiu parâmetros de aptidão por deficiências hídricas anuais para o Eucalipto.

Tabela 1 - Exigências climáticas do *E. urophylla*.

	<i>E. urophylla</i>
Temperatura (°C)	19 - 26
Déficit Hídrico (mm)	30 - 210
Precipitação (mm)	900 - 1800

O estudo baseou-se na sobreposição de mapas que caracterizam as condições ideais de aptidão térmica e hídrica para o cultivo do *E. urophylla* em Pernambuco. A elaboração do mapa de zoneamento agroclimático foi conduzida em um ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) utilizando o software QGIS 3.16, seguindo o fluxograma delineado na Figura 3. A integração dos mapas referentes ao déficit hídrico, precipitação e temperatura resultou na elaboração do mapa de zoneamento climático para o eucalipto.



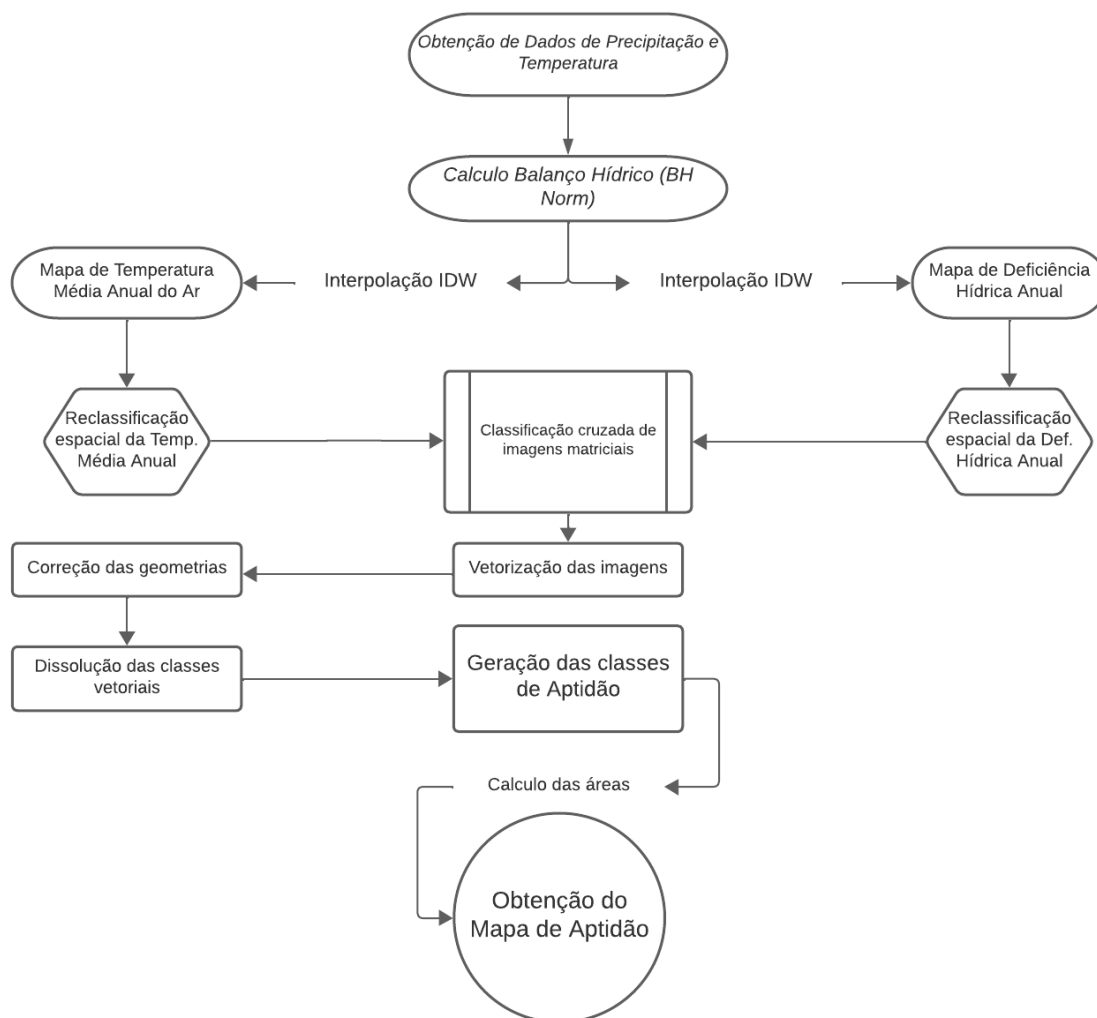


Figura 3 - Fluxograma da elaboração do mapa de aptidão florestal para *E. urophylla*.

O zoneamento agroclimático consiste essencialmente na delimitação das áreas com aptidão para o cultivo das culturas estudadas, no qual estão estabelecidas as condições hídricas-termais ideais para o seu desenvolvimento e consequente produtividade (CASTRO et al. 2010). Para a cultura do gênero Eucalipto, foi selecionado a espécie *E. urophylla* por apresentar maior resistência climática na região do estudo (DRUMOND et al. 2016). No que se refere aos índices térmicos e hídricos exigidos pela espécie para o seu desenvolvimento, eles foram classificados de acordo conforme metodologia de CASTRO et al. 2010, dividindo-se em duas classes de aptidão climática – apta e inapta – (Tabela 2), como segue:

- Apta: condições térmicas e hídricas da área apresentam-se favoráveis para o bom desenvolvimento e produção da espécie em escala comercial.

- Inapta: quando as características normais do clima não se apresentam adequadas à exploração econômica da espécie, devido às limitações severas dos fatores hídricos ou térmicos, ou ambos, com marcante repercussão em sua produção, exigindo para que sejam corrigidas práticas agrícolas dispendiosas.

Tabela 2 - Faixa de aptidão para o *E. urophylla*.

	<b>Regiões aptas</b>	<b>Regiões inaptas</b>
Temperatura média anual (Ta)°	$19 \leq Ta \leq 26$	$19 > Ta > 26$
Deficiência hídrica anual	$\leq 210$	$> 210$

A classe restrita não foi considerada, pois ela acontece quando a área apresenta limitações hídricas e/ou térmicas, necessitando de irrigação para suprir a deficiência hídrica, ou variedades resistentes ou adaptadas nos casos da limitação ser térmica. Tais práticas de manejo acabam se tornando dificultosas e economicamente inviáveis para a cultura do Eucalipto.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar da utilização de quatro estações, não foi viável mitigar completamente o efeito de borda durante o processo de interpolação IDW. A tentativa de incluir mais estações foi empreendida, no entanto, devido à falta de dados meteorológicos disponibilizados pelo INMET para outras estações na região, não foi possível alcançar uma melhoria substancial nos resultados.

A partir dos registros de temperatura média do ar e precipitação pluviométrica em cada estação, se obteve o cálculo do balanço hídrico climático mensal (Tabela 3).

Tabela 3 - Deficiência Hídrica Mensal Calculada para o ano de 2021 na Zona da Mata - PE.

<b>NOME</b>	<b>LATITUDE</b>	<b>LONGITUDE</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>
Recife	-805.916.666	-3.495.916.666	38,7	21,4	0	0	0	0	0	0,1	7,3	43,7	35,5	23,7
Garanhuns	-891.083.333	-3.649.333.333	55,6	31,6	0	0	0	0	0	0	0,7	21	14,3	50
Caruaru	-836.527.777	-3.602.833.332	46	49,6	0	0	1,4	0	10,5	26,7	35,5	54,2	29,9	29,1
Areia	-6.975.451	-35.718.128	99,5	93,8	0	0	0	0	0	2,7	0	18,2	30,3	79,3

A distribuição espacial da temperatura média anual do ar em toda a Zona da Mata de Pernambuco é uniforme (Figura 4). Nota-se uma pequena variação térmica à medida que nos afastamos da Região Metropolitana do Recife, apresentando uma média anual que oscila entre 22 e 26 °C. Essas condições térmicas demonstram ser ideais para o desenvolvimento da espécie *E. Urophylla* (Castro et al, 2010).

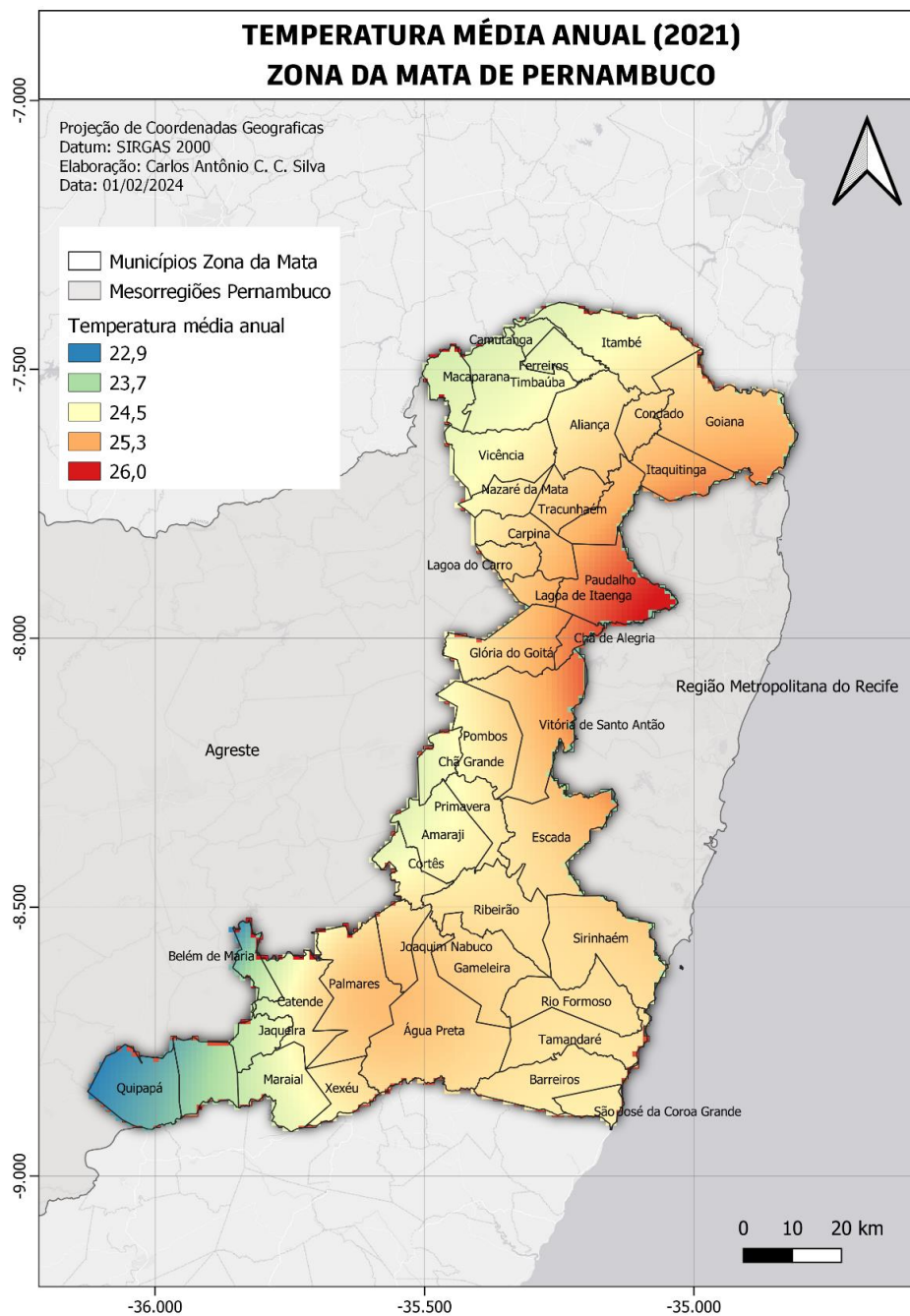


Figura 4 - Mapa de temperatura média anual de 2021 da Zona da Mata - PE.

O mapeamento da deficiência hídrica anual (Figura 5) desempenha um papel crucial em estudos de zoneamento agroclimático, fornecendo *insights* sobre a escassez de água no solo (Castro, 2009). De maneira geral, revela que a região próxima ao Agreste, apresenta uma maior de deficiência hídrica em comparação com a áreas próximas a Região Metropolitana do Recife, que registra uma deficiência hídrica anual inferior a 210 mm. À medida que nos aproximamos do Agreste, a deficiência hídrica anual ultrapassa os 250 mm, resultado da combinação entre a baixa disponibilidade hídrica e a elevada demanda evaporativa na região.

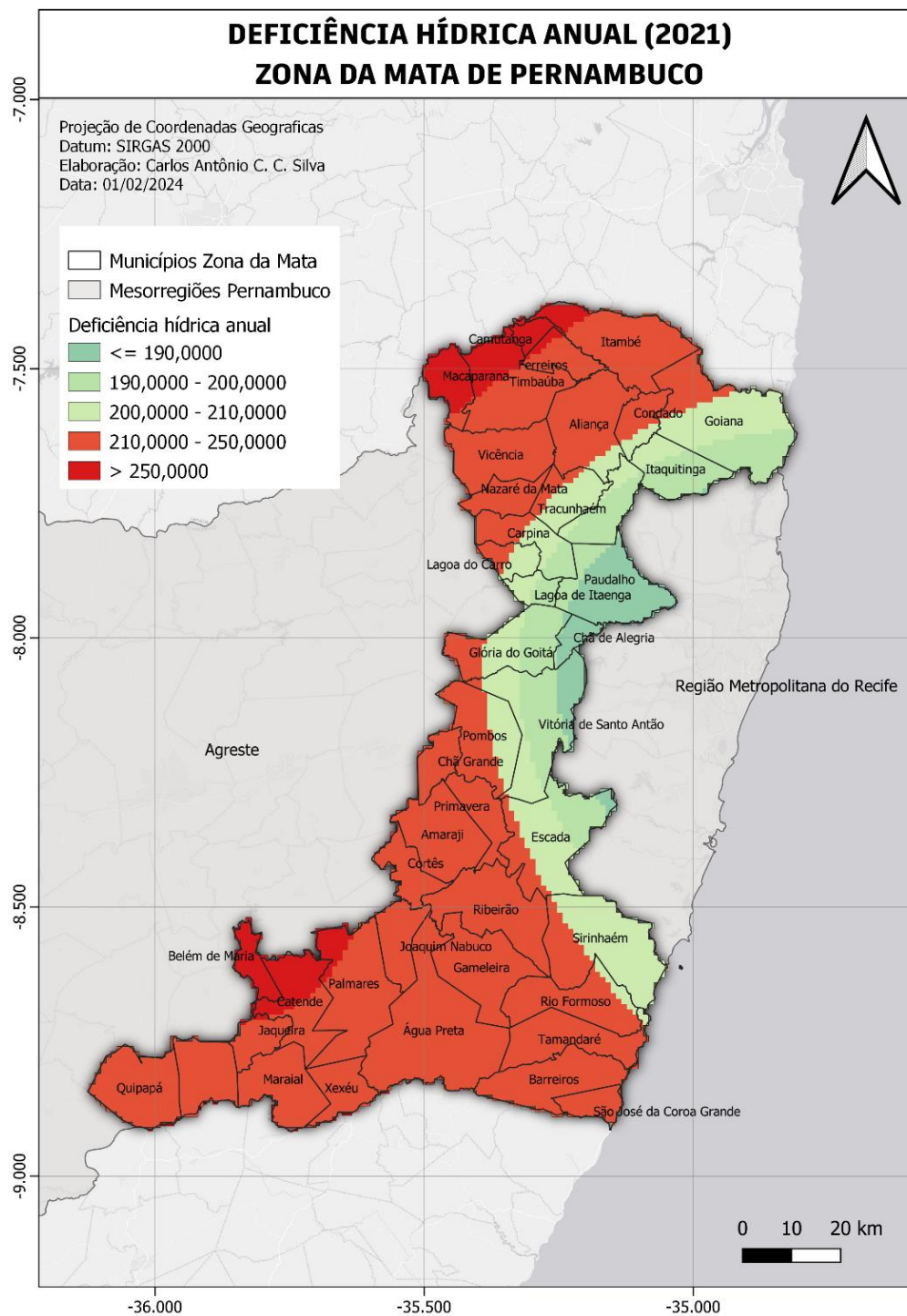


Figura 5 - Mapa de deficiência hídrica média anual de 2021 da Zona da Mata – PE.

Por fim, o zoneamento agroclimático (Figura 6) oferece uma análise detalhada da espécie *E. urophylla*. O mapa destaca as condições agroclimáticas ideais para o

desenvolvimento da espécie, indicando uma propensão positiva em regiões com deficiência hídrica inferior a 210 mm.

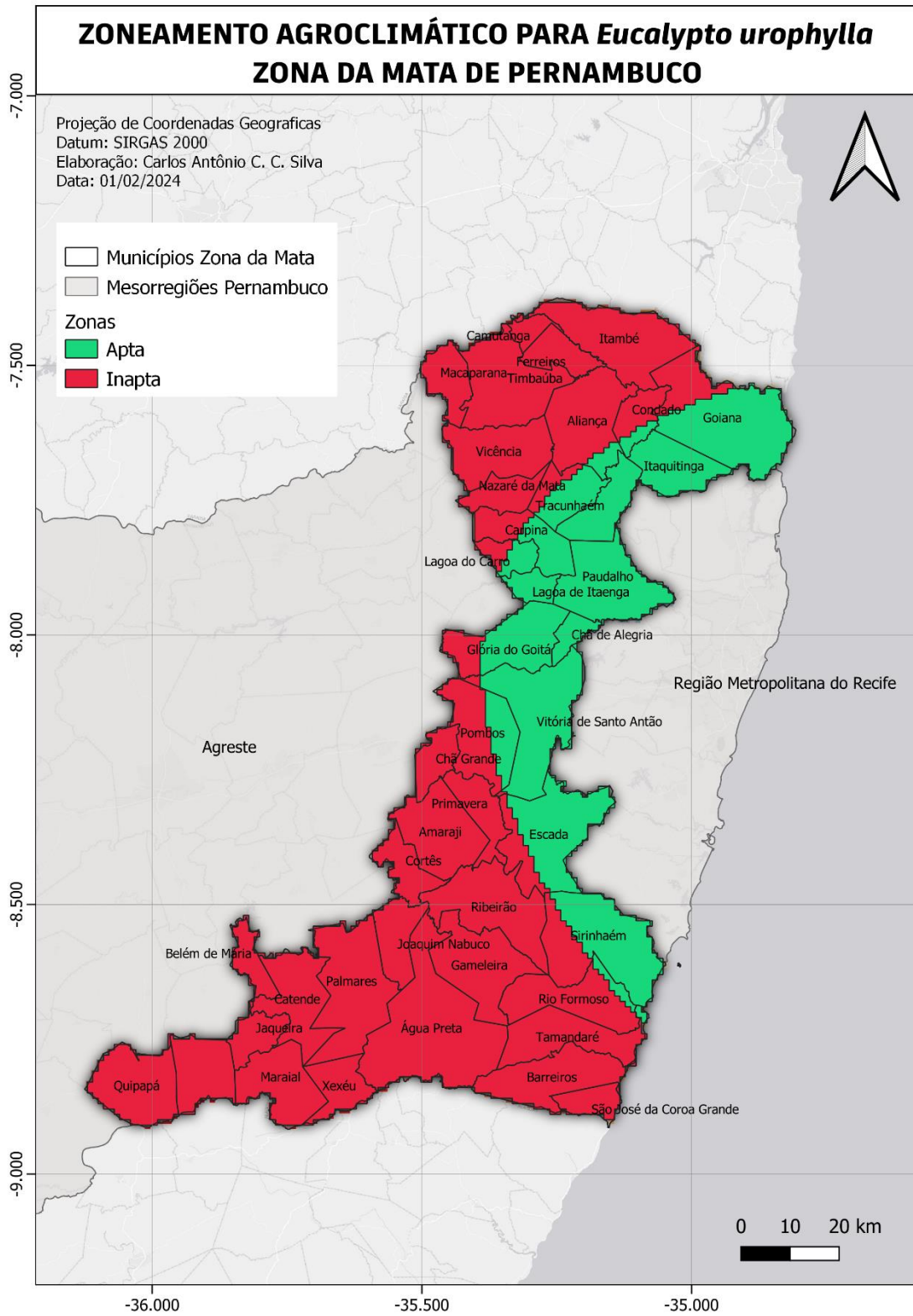


Figura 6 - Mapa do zoneamento agroclimático de 2021 para espécie de *E. urophylla* na Zona da Mata - PE.

Percebemos que o potencial de desenvolvimento dessa espécie específica está concentrado em uma área geográfica restrita na zona da mata do estado de Pernambuco. Essa área abrange uma seleção de 16 municípios, incluindo Aliança, Carpina, Chã de Alegria, Condado, Escada, Glória do Goitá, Goiana, Itaquitinga, Lagoa de Itaenga, Lagoa do Carro, Nazaré da Mata, Paudalho, Pombos, Sirinhaém, Tracunhaém, e Vitória de Santo Antão. Esses municípios circundam a Região Metropolitana do Recife, onde os dados da estação correspondente à região demonstraram menor déficit hídrico e consequentemente os melhores resultados de aptidão.

A área apta total para o desenvolvimento da espécie soma 2428 km<sup>2</sup>, representando significativos 28,95% do território analisado. Essa porcentagem é um indicativo do potencial dessa região para se tornar um polo produtor de *E. urophylla*, que pode ter implicações econômicas e ambientais consideráveis. Este mapeamento detalhado proporciona uma base para decisões relacionadas à gestão florestal, contribuindo para práticas mais sustentáveis e eficazes no cultivo dessa espécie específica (Souza, 2017).

A condição de inaptidão foi identificada em aproximadamente 5956 km<sup>2</sup>, representando 71,05% da área estudada. Essa área abrange uma seleção de 24 municípios que não possuem área apta para o plantio, sendo eles Amaraji, Água Preta, Barreiros, Belém de Maria, Buenos Aires, Camutanga, Catende, Chã Grande, Cortês, Ferreiros, Gameleira, Itambé, Joaquim Nabuco, Jaqueira, Maraiá, Macaparana, Palmares, Primavera, Quipapá, Ribeirão, São Benedito do Sul, São José da Coroa Grande, Timbaúba, Vicência e Xexéu.

Os níveis de déficit hídrico, seja moderado ou severo, exercem influência significativa na redução da altura da parte aérea, diâmetro do caule, área foliar e na matéria seca total do eucalipto. Essa redução é mais pronunciada à medida que se prolonga a duração do déficit (Klippel et al. 2013).

Os resultados obtidos com o zoneamento agroclimático se alinham aos de Assad, Monteiro, Pugliero (2021), que evidenciam o aumento projetado da deficiência hídrica no Brasil, especialmente na direção Nordeste, abrangendo o estado de Pernambuco, com valores que ultrapassam o limite de deficiência considerado crítico para a cultura do



eucalipto. Este cenário reforça a importância da identificação das áreas propícias para o cultivo dessa espécie na Zona da Mata pernambucana, como destacado no resultado apresentado (Figura 6).

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados do zoneamento agroclimático revelaram que aproximadamente 28,95% do território analisado na Zona da Mata de Pernambuco apresenta aptidão para o cultivo da espécie *Eucalyptus urophylla*. Essas áreas propícias concentram-se em 16 municípios circundantes à Região Metropolitana do Recife, totalizando uma extensão de 2428 km<sup>2</sup>. Esse resultado representa um importante potencial para o desenvolvimento sustentável da região, oferecendo oportunidades para a diversificação da produção florestal e contribuindo para a conservação dos recursos naturais.

Por outro lado, aproximadamente 71,05% da área estudada foi considerada inapta para o cultivo de eucalipto, devido aos níveis de déficit hídrico identificados. Essas áreas apresentam limitações significativas para o desenvolvimento da cultura, o que pode representar um desafio para o planejamento do uso da terra na região. No entanto, esses resultados ressaltam a importância de se concentrar nos locais com maior aptidão, garantindo um aproveitamento mais eficiente dos recursos disponíveis e promovendo práticas de cultivo mais sustentáveis e resilientes às condições climáticas locais.

Os resultados atenderam aos objetivos propostos neste trabalho. O mapeamento das áreas em função das suas características climáticas permitiu identificar as regiões com potencial para o cultivo de eucalipto, enquanto a análise de aptidão climática específica para a espécie *E. urophylla* contribuiu para identificar as áreas mais propícias dentro da Zona da Mata de Pernambuco.

Apesar dos resultados promissores, o trabalho enfrentou desafios significativos e limitações. Um dos principais desafios foi a falta de dados meteorológicos completos em todas as estações da Zona da Mata, o que limitou a precisão da análise e do zoneamento agroclimático. Além disso, a metodologia adotada pode ser aprimorada com a inclusão de mais variáveis climáticas e edáficas para melhorar a precisão do zoneamento.

Em suma, este trabalho contribui para o conhecimento sobre a viabilidade do cultivo de eucalipto na Zona da Mata de Pernambuco, fornecendo informações para o planejamento territorial e a gestão sustentável dos recursos naturais na região. No entanto, são necessárias mais pesquisas e análises para uma compreensão mais completa e abrangente do potencial e dos desafios associados ao cultivo dessa espécie na região.

## 6 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, U. P. de; ANDRADE, L. H. C. Uso de recursos vegetais da caatinga: o caso do agreste do estado de Pernambuco (nordeste do Brasil). **INCI**, Caracas, v. 27, n. 7, p. 336-346, 2002. Disponível em: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442002000700002&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442002000700002&lng=es&nrm=iso). Acesso em 18 jan. 2024.
- AMARAL, L. de P. **Uso de técnicas de geoprocessamento na determinação de áreas de preservação permanente**. 66 f. 2008. Monografia (Especialização em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/1046/Amaral\\_Lucio\\_de\\_Paula.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/1046/Amaral_Lucio_de_Paula.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em 18 jan. 2024.
- ANDRADE, L. A. **Classificação ecológica do território brasileiro situado a leste do meridiano de 44° oeste e ao norte do paralelo de 16° sul: uma abordagem climática**. 147 f. 1998. Tese. (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Disponível em: <https://poscienciaflorestal.ufv.br/wp-content/uploads/2023/05/texto-completo-7.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2024
- ASSAD, E. D.; MONTEIRO, J. E. B. de A.; PUGLIERO, V. S. Mudanças do clima e a cultura do eucalipto. **Embrapa Agricultura Digital**, Brasília, cap. 8, p. 360-394, 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222931/1/PL-Mudancas-clima-eucalipto-2021.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- CALDAS, A. J. F. DA S. **Geoprocessamento e análise ambiental para determinação de corredores de hábitat na Serra da Concórdia, Vale do Paraíba - RJ**. 122 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- CASTRO, F. da S.; PEZZOPANE, J. E. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C. Zoneamento agroclimático para espécies do gênero Pinus no estado do Espírito Santo. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 1, p. 235-250, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222931/1/PL-Mudancas-clima-eucalipto-2021.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- CHO, D. F.; SCHWAIDA, S. F.; CICERELLI, R. E.; ALMEIDA, T.; RAMOS, A. P. M.; SANO, E. E. Desempenho do Algoritmo de Classificação de Imagens Random Forest para Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo no Cerrado Brasileiro. **Anuário do Instituto de Geociências**, Brasília, v. 44, 37979, p. 11, 2021. Disponível em: [https://doi.org/10.11137/1982-3908\\_2021\\_44\\_37979](https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_37979). Acesso em: 18 jan. 2024.
- COUTINHO J. L. B.; SANTOS V. F.; FERREIRA R. L. C. E NASCIMENTO J. C. B. Avaliação do comportamento de espécies de Eucalyptus spp. na Zona da Mata Pernambucana. I: Resultados do primeiro ano - 2001. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 771-775, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000600001>. Acesso em: 18 jan. 2024.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. de; RIBASKI, J. Eucalipto no Semiárido brasileiro. **Embrapa Semiárido**, Petrolina, v. 1, p. 42, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/151702/1/SDC276.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Agência de informação tecnológica**, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/inicial>. Acesso em: 23 mar. 2023.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2019/2020, relatório técnico. **Fundação SOS Mata Atlântica**, São Paulo, p. 73, 2021. Disponível em: [https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2021/05/SOSMA\\_Atlas-da-Mata-Atlantica\\_2019-2020.pdf](https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2021/05/SOSMA_Atlas-da-Mata-Atlantica_2019-2020.pdf). Acesso em: 18 jan. 2024.

FLORIANO, E. P. **Manejo florestal: para sustentabilidade e excelência**. Edição do autor, Rio Largo, p. 356, 2018. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/3741/3/Manejo%20florestal%20para%20sustentabilidade%20e%20excel%C3%Aancia.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2024

HAN, J., KAMBER, M.; PEI, J. Data Mining: Concepts and techniques, **Morgan Kaufmann Publishers**, Waltham, v. 3, p. 703, 2011.

HIGA, R. C. V.; WREGGE, M. S. Zoneamento climático de Eucalyptus grandis para a região sul do Brasil. **Embrapa Florestas**, Colombo, v.21, p. 20, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/39479/1/Doc209.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades do Brasil, 2019**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 19 mar. de 2023.

KLIPPEL, V. H. PEZZOPANE, J. E. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; TOLEDO, J. V. Impacto da deficiência hídrica no crescimento inicial de eucalipto. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 22, n. 1, p. 18-29, ago. 2013. Disponível em: [http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/kIgrxgeiI7BruXU\\_2013-11-7-14-32-43.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/kIgrxgeiI7BruXU_2013-11-7-14-32-43.pdf). Acesso em: 18 jan. 2024.

LIMA, R. B. DE A.; MARANGON, L. C.; FREIRE, F J.; FELICIANO, A. L. P.; SILVA R. K. S. Potencial regenerativo de espécies arbóreas em fragmento de Mata Atlântica, Pernambuco, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal v. 12, n. 4, p. 666-673, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v12i4.5002>. Acesso em: 18 jan. 2024.

MENCÍA, F. P. H.; LOPES, E. R. do N.; ZANCHI, F. B. Agroclimatic zoning for eucalyptus in the southern mesoregion of Bahia State, Brazil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 43, p. 1-9, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.4336/2023.pfb.43e202102177>. Acesso em: 18 jan. 2024.

MEDEIROS, R. M. de; HOLANDA, R. M. de.; FRANÇA, M. V. de; SABOYA, L. M. F.; ROLIM NETO, F. C.; ARAÚJO, W. R. de; PEREIRA, M. L. F. Classificação climática de köppen na zona da mata pernambucana – BRASIL. **Revista Científica Multidisciplinar**, São Paulo, v. 2, n. 5, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i5.312>. Acesso em: 18 jan. 2024.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. 2002, Guaíba: Agropecuaria. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001400861>. Acesso em: 18 jan. 2024.

REZENDE, C.L.; SCARANO, F.R.; ASSAD, E.D.; JOLY C.A.; METZGER, J.P.; STRASSBURG, B.B.N.; TABARELLI, M.; FONSECA, G.A.; MITTERMEIER R.A. An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 4, p. 208-214, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.002>. Acesso em: 18 jan. 2024.

ROCHA, K. D. DA. **Evolução da produção florestal madeireira no Nordeste brasileiro frente ao setor nacional de 2006 a 2016**. 40 f. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. Disponível em: <https://repositorio.ufrpe.br/handle/123456789/1186>. Acesso em 18 jan. 2024.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, p. 133-137, 1998. Disponível em: [http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos\\_sentelhas\\_1998/1998\\_RBAgro\\_6\(1\)\\_133-137\\_PlanilhasBH.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos_sentelhas_1998/1998_RBAgro_6(1)_133-137_PlanilhasBH.pdf). Acesso em: 18 jan. 2024.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS)**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SANTOS, L. S. dos. **Estudo das alterações na cobertura vegetal ao longo de perfil topográfico, com ênfase em enclave de cerrado no agreste meridional de Pernambuco, Brasil**. 116 f. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/11052>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SOUZA, O. M. M. **Aptidão agroclimática e ambiental do *Eucalyptus urophylla* para a região do matopiba**. 93 f. 2017. Tese (Doutorado em Agroenergia), Universidade Federal do Tocantins, Palmas. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11612/1967>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SILVA, J. A. A; ROCHA, K. D; FERREIRA, R. L. C; TAVARES. J. A. Produtividade volumétrica de clones de *Eucalyptus* spp. no Polo Gesseiro do Araripe, Pernambuco.

Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica. **Anais Da Academia Pernambucana De Ciência Agronômica**, Recife, v.10, p. 240–260, 2013. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/314>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SPERANDIO, H. V.; CAMPANHARO, W. A.; CECÍLIO, R. A.; NAPPO, M. E. Zoneamento Agroecológico para Espécies de Eucalipto no Estado do Espírito Santo. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 34, p. 203-216, 2010. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15906>. Acesso em: 18 jan. 2024.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J. R. **The water balance: publications in climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104 p. 1955.

TRINDADE, M. B.; FIGUEIRA, S. B.; SILVA, H. P.; SILVA, A. C. B. L.; SCHESSL, M. Uso de sensoriamento remoto na análise da fragmentação da Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, v. 8, p. 1907-1914, 2007. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.16.18/doc/1907-1914.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2024.

VILELA, M. de F. V. **Integração de técnicas de geoprocessamento e levantamento participativo de informações sócio-ambientais: um subsídio para a reforma agrária**. 135f. 2002. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.