

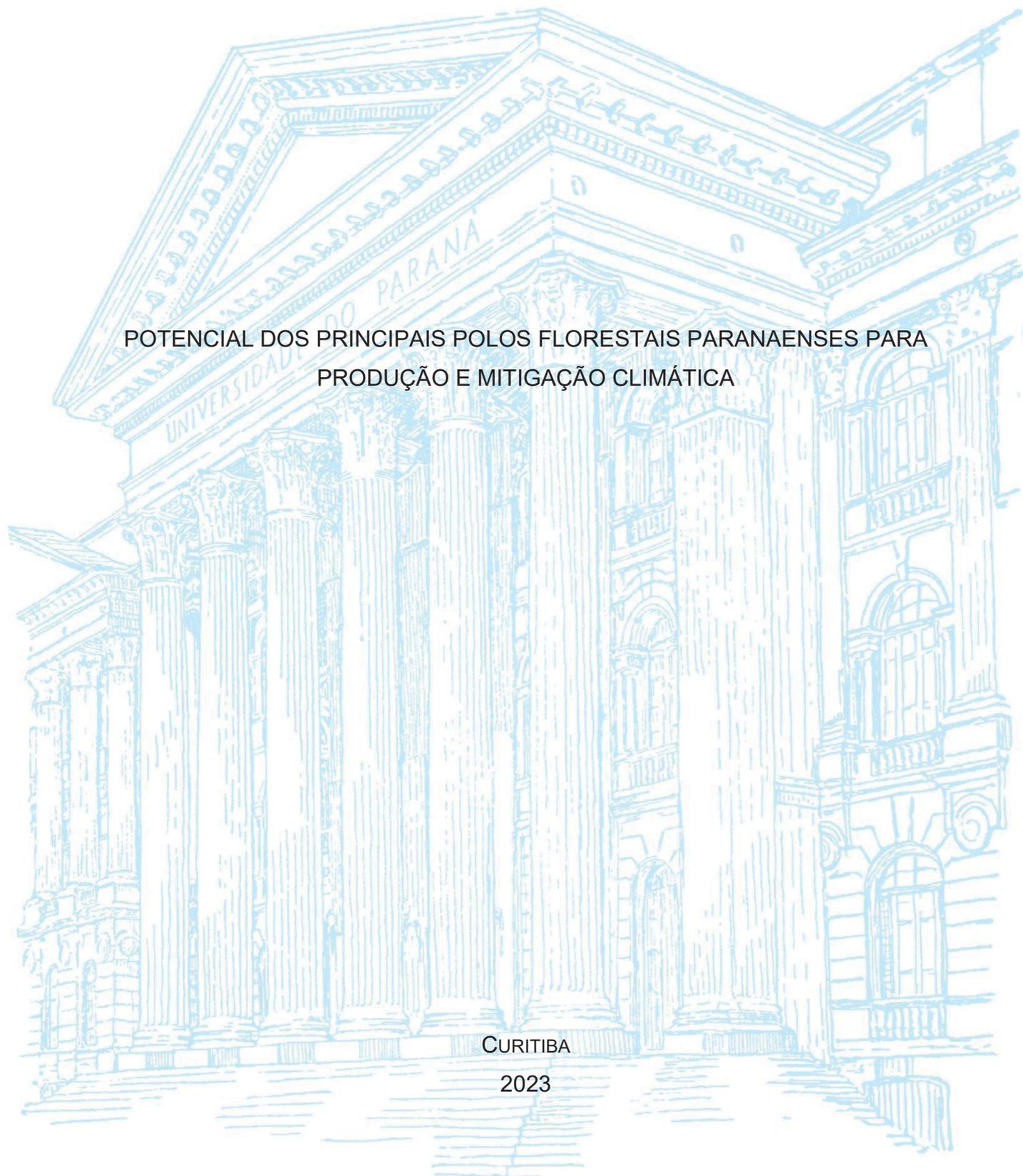
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DARCY MARIA DA CONCEIÇÃO LAURA DOS SANTOS

POTENCIAL DOS PRINCIPAIS POLOS FLORESTAIS PARANAENSES PARA  
PRODUÇÃO E MITIGAÇÃO CLIMÁTICA

CURITIBA

2023



DARCY MARIA DA CONCEIÇÃO LAURA DOS SANTOS

POTENCIAL DOS PRINCIPAIS POLOS FLORESTAIS PARANAENSES PARA  
PRODUÇÃO E MITIGAÇÃO CLIMÁTICA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta.

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Dalla Corte

Coorientador: Prof. Dr. Allan Libanio Pelissari

CURITIBA

2023

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Santos, Darcy Maria da Conceição Laura dos  
Potencial dos principais polos florestais paranaenses para produção e  
mitigação climática / Darcy Maria da Conceição Laura dos Santos. - Curitiba,  
2023.

1 recurso on-line : PDF.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

Coorientadores: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Ana Paula Dalla Corte

Prof. Dr. Allan Libanio Pelissari

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências  
Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba,  
24/02/2023.

1. Florestas - Paraná. 2. Florestas - Aspectos ambientais. 3. Florestas -  
Medição. 4. Eucalipto - Paraná. 5. Pinheiro - Paraná. 6. Mata Atlântica. 7. Carbono -  
Medição. 8. Biomassa florestal - Medição. 9. Redução de gases do efeito estufa -  
Paraná. I. Sanquetta, Carlos Roberto. II. Dalla Corte, Ana Paula. III. Pelissari, Allan  
Libanio. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD - 634.9098162

CDU - 634.0.524.6(816.2)

634.0(816.2)

Bibliotecária: Marilene do Rocio Veiga - CRB9/424



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA  
FLORESTAL - 40001016015P0

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **DARCY MARIA DA CONCEIÇÃO LAURA DOS SANTOS** intitulada: **POTENCIAL DOS PRINCIPAIS POLOS FLORESTAIS PARANAENSES PARA PRODUÇÃO E MITIGAÇÃO CLIMÁTICA**, sob orientação do Prof. Dr. CARLOS ROBERTO SANQUETTA, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 24 de Fevereiro de 2023.

Assinatura Eletrônica

27/02/2023 09:11:17.0

CARLOS ROBERTO SANQUETTA

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

27/02/2023 09:14:01.0

JONATHAN WILLIAM TRAUTENMÜLLER

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA)

Assinatura Eletrônica

01/03/2023 15:59:22.0

NELSON YOSHIHIRO NAKAJIMA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Dedico a minha família que sempre incentivou e apoiou meus sonhos.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por iluminar o meu caminho e por todas as bênçãos.

Aos meus pais, Laura e José, por todo carinho e amor, pelos ensinamentos, e por sempre me incentivarem a correr atrás dos meus objetivos.

Aos meus irmãos que sempre estão na torcida e dispostos para ajudar quando necessário.

À UFPR, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal e ao Biofix pela oportunidade de aprofundar meus estudos e o CNPq pela bolsa de estudo disponibilizada.

Agradeço a todos os meus professores que contribuíram para a minha formação, em especial aos Professores Carlos Roberto Sanquetta, Ana Paula Dalla Corte, Allan Libanio Pelissari e Alexandre Behling pelas orientações, conselhos e paciência.

Agradeço a todos os colegas e amigos que ganhei ao longo desse caminho, obrigada pelos conselhos, as ajudas e pelos momentos felizes, e por tornarem os dias complicados mais alegres.

## RESUMO

Com intuito de abastecer o mercado consumidor de matéria-prima oriunda das florestas plantadas e para atingir as metas e compromissos estabelecidos para mitigação das mudanças climáticas, são necessários o conhecimento das áreas de florestas, dos estoques de volume, biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente presentes nelas. Diante disso, o objetivo deste estudo é avaliar o potencial dos polos florestais paranaenses para produção de matéria-prima e para mitigação das mudanças climáticas. Os dados sobre a área de estudo foram obtidos da Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal (APRE), do Instituto Água e Terra (IAT), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Ministério do Meio Ambiente (MMA). Para estimar os estoques de volume das florestas plantadas foi realizado uma simulação nos softwares Siseucalipto e Sispinus. Enquanto os estoques de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente foram adquiridos por equações e utilização de índices encontrados na literatura para as culturas avaliadas. Os estoques de volume, biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente para as florestas nativas foram obtidos por extrapolação utilizado valores recomendados na literatura para o bioma Mata Atlântica. Os estoques foram estimados para os setes polos florestais estudados, sendo eles: Telêmaco Borba, Sengés, Lapa, Guarapuava, General Carneiro, Vale do Ribeira e Ponta Grossa. O polo de Telêmaco Borba tem a maior área de florestas plantadas, com o maior plantio de *Eucalyptus* e General Carneiro tem os maiores estoques estudados para o gênero *Pinus*. Os estoques de volume e biomassa total suprem o mercado consumidor por cerca de 4 anos. O maior estoque das florestas nativas está presente em Guarapuava. Com exceção de Telêmaco Borba com somente 12%, os outros polos têm mais de 35% das suas florestas nativas dentro das Unidades de Conservação, enfatizando a importância da criação e manutenção delas. Portanto, o setor florestal tem contribuído significativamente para abastecer o mercado consumidor de madeira e para o cumprimento das leis e acordos com intuito de mitigação das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. *Eucalyptus*. *Pinus*. Mata Atlântica.

## ABSTRACT

In order to supply the consumer market with raw material from planted forests and to achieve the goals and commitments established for climate change mitigation, knowledge of forest areas, volume stocks, biomass, carbon and carbon dioxide equivalent present in them is necessary. In view of this, the objective of this study is to evaluate the potential of Parana's forest clusters for raw material production and for climate change mitigation. Data on the study area were obtained from the Paranaense Association of Forestry-based Companies (APRE), the Instituto Água e Terra (IAT), the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and the Ministry of Environment (MMA). To estimate the volume stocks of planted forests, a simulation was performed in the Siseucalipto and Sispinus software programs. While the stocks of biomass, carbon and carbon dioxide equivalent were acquired by equations and use of, indices found in the literature for the crops evaluated. The stocks of volume, biomass, carbon and carbon dioxide equivalent for the native forests were obtained by extrapolation using values recommended in the literature for the Atlantic Forest biome. The stocks were estimated for the seven forest poles studied, namely: Telêmaco Borba, Sengés, Lapa, Guarapuava, General Carneiro, Vale do Ribeira and Ponta Grossa. The Telêmaco Borba center has the largest area of planted forests, with the largest planting of *Eucalyptus* and General Carneiro has the largest stocks studied for the genus *Pinus*. The volume and total biomass stocks supply the consumed market for about 4 years. The largest stock of native forests is present in Guarapuava. With the exception of Telêmaco Borba, with only 12%, the other clusters have more than 35% of their native forests within Conservation Units, emphasizing the importance of their creation and maintenance. Therefore, the forest sector has contributed significantly to supply the consumed wood market and to comply with the laws and agreements aimed at mitigating climate change.

Keywords: Climate change. *Eucalyptus*. *Pinus*. Atlantic Rainforest

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS POLOS FLORESTAIS NO PARANÁ.	27
FIGURA 2 - TELA DO QGIS.	29
FIGURA 3 - TELA DE ABERTURA DO <i>SOFTWARE</i> SISEUCALIPTO.	30
FIGURA 4 - RESULTADO ENCONTRADO NA SIMULAÇÃO NO <i>SOFTWARE</i> SISEUCALIPTO.	31
FIGURA 5 - TELA DE ABERTURA DO <i>SOFTWARE</i> SISPINUS.	32
FIGURA 6 - RESULTADO ENCONTRADO NA SIMULAÇÃO NO <i>SOFTWARE</i> SISPINUS SEM DESBASTE.	33
FIGURA 7 - ENTRADA DE DADOS NO <i>SOFTWARE</i> SISPINUS.	34
FIGURA 8 - FLUXOGRAMA DA OBTENÇÃO DO VOLUME, BIOMASSA E CARBONO EM FLORESTAS NATIVAS.	37
FIGURA 9 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PLANTIOS FLORESTAIS DE EUCALYPTUS E PINUS NOS POLOS FLORESTAIS NO PARANÁ.	40
FIGURA 10 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS FLORESTAS NATIVAS NOS POLOS FLORESTAIS NO PARANÁ.	41
FIGURA 11 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DOS POLOS FLORESTAIS NO PARANÁ.	42
FIGURA 12 - MAPA DAS FITOFISIONOMIAS DOS POLOS FLORESTAIS NO PARANÁ.	43

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - POLOS MADEIREIROS E ÁREA TERRITORIAL COM RESPECTIVOS MUNICÍPIOS DE LOCALIZAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ. ....	26
TABELA 2 - MEB, FEB, R E TC PARA AS ESSÊNCIAS FLORESTAIS PLANTADAS NO BRASIL. ....	35
TABELA 3 - ÁREA DE FLORESTAS PLANTADAS DE <i>PINUS</i> , <i>EUCALIPTO</i> E FLORESTAS NATIVAS POR POLO FLORESTAL NO PARANÁ. ....	38
TABELA 4 - ESTOQUE DE VOLUME PARA <i>PINUS</i> , <i>EUCALYPTUS</i> E FLORESTAS NATIVAS POR POLO FLORESTAL NO PARANÁ. ....	44
TABELA 5 - ESTOQUE DE BIOMASSA PARA <i>PINUS</i> , <i>EUCALYPTUS</i> E FLORESTAS NATIVAS POR POLO FLORESTAL NO PARANÁ. ....	45
TABELA 6 - ESTOQUES DE CARBONO PARA <i>PINUS</i> , <i>EUCALYPTUS</i> E FLORESTAS NATIVAS POR POLO FLORESTAL NO PARANÁ. ....	46
TABELA 7 - ESTOQUES DE DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE PARA <i>PINUS</i> , <i>EUCALYPTUS</i> E FLORESTAS NATIVAS POR POLO FLORESTAL NO PARANÁ. ....	47

## LISTA DE SIGLAS

GEEs	- Gases de Efeito Estufa
IPCC's	- Intergovernmental Painel on Climate Change
UNFCCC Climática	- Convenção do Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança
EPE	- Empresa de Pesquisa Energética
SEEG	- Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
APRE	- Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal
IAT	- Instituto Água e Terra
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
UCs	- Unidades de Conservação
MMA	- Ministério do Meio Ambiente
Ha	- Hectares
SRC	- Sistema de Referência de Coordenadas
MEB	- Massas Específicas Básicas da Madeira
FEB	- Fatores de Expansão da Biomassa
R	- Razão de Raízes
TC	- Teor de Carbono
FAO	- Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
VBP	- Valor Bruto da Produção
SNUC	- Sistema Nacional de Unidades de Conservação

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS .....	17
1.1.1 Objetivo geral .....	17
1.1.2 Objetivos específicos .....	17
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS .....	18
2.2 FLORESTAS NATIVAS .....	19
2.3 FLORESTAS PLANTADAS .....	21
2.3.1 <i>Eucalyptus</i> .....	22
2.3.2 <i>Pinus</i> .....	23
2.4 ESTOQUES DE VOLUME, BIOMASSA, CARBONO E DIÓXIDO DE CARBONO .....	24
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO .....	25
3.2 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS .....	27
3.2.1 Origem dos dados .....	27
3.2.2 Área dos polos florestais .....	28
3.2.3 Florestas Plantadas .....	29
3.2.3.1 Estimativas do Volume .....	29
3.2.3.2 Estimativas da Biomassa .....	34
3.2.3.3 Estimativas do carbono e dióxido de carbono equivalente .....	35
3.2.4 Florestas Nativas .....	36
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>38</b>
4.1 ÁREA DOS POLOS FLORESTAIS .....	38
4.1.1 Unidades de Conservação .....	42
4.1.2 Tipologia da área de estudo .....	43
4.2 VOLUME DE MADEIRA POR POLO FLORESTAL .....	44
4.3 ESTOQUES DE BIOMASSA, CARBONO E DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE POR POLO FLORESTAL .....	44
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	<b>47</b>

5.1 ÁREA DOS POLOS FLORESTAIS, UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E TIPOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO .....	47
5.2 VOLUME DE MADEIRA POR POLO FLORESTAL .....	49
5.3 ESTOQUES DE BIOMASSA, CARBONO E DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE POR POLO FLORESTAL .....	50
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As florestais são importantes para a humanidade, tanto no contexto ambiental sendo uma alternativa para mitigação das mudanças climáticas por meio do sequestro de carbono e da conservação da biodiversidade (ALVES et al., 2021; FREIRE; PAMPLIN, 2022), como no econômico, com geração de novos empregos, aumento da renda e abastecendo o mercado consumidor com produtos florestais primários e secundários (RAMOS et al., 2018).

Por meio das atividades antrópicas, como: processos industriais, queima de combustíveis fósseis, utilização de fertilizantes, agricultura e desmatamento (LEMOS; VITAL; PINTO, 2010; SANTOS et al., 2013; BARBADO; LEAL, 2021), ocorreu a intensificação nas emissões dos principais gases causadores do efeito estufa (dióxido de carbono, metano e óxido nitroso). Isso ocasionou acúmulo de gases na atmosfera, causando o aumento da temperatura global (MAI, et al., 2017).

Diante disso, foram realizadas conferências mundiais com intuito de formalizar acordos internacionais para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEEs) (PEROSA et al., 2020; ATAMANCZUK; PRATES, 2021; CACHOLA et al., 2022). Esses acordos têm como finalidade encontrar alternativas para amenizar os efeitos das mudanças climáticas sobre o meio ambiente e a sociedade. Destes, atualmente o que está em vigor é o Acordo de Paris (FERREIRA; CASTRO; ARAGÃO et al., 2020; POYER et al., 2020; FREIRE; PAMPLIN, 2022).

O mesmo tem como objetivo assegurar que os países formulem e executem planos de ação para reduzir as emissões de GEEs em seu território (PEREIRA; CUTRIM; MATOS 2018; DUARTE, 2022). Cada país de modo voluntário assumiu a responsabilidade de reduzir as emissões, com objetivo de evitar o aumento da temperatura média global. Perante a isso, o Brasil assumiu o compromisso de reduzir as emissões de 37% até 2025 e 43% até 2030, em comparação com os valores de gases emitidos em 2005 (ONU, 2015).

No Brasil, o principal reservatório de carbono são as florestas, as quais se consolidam mundialmente como uma alternativa para redução do dióxido de carbono presente na atmosfera, devido a sua capacidade de sequestrar e armazenar carbono durante a formação da biomassa (RIBEIRO et al., 2011; FAO, 2018).

O crescimento da população e a expansão territorial, ocasionou a supressão das florestas nativas, aumentando os níveis de desmatamento e, automaticamente,

o aumento nas emissões de carbono. Por consequência, este elemento interfere diretamente no clima, e com a redução das florestas ocorre um aumento na sua emissão, fato que colabora para ocorrência do efeito estufa e aumento do aquecimento global (ASSAD et al., 2019; CARVALHO et al., 2010; NASCIMENTO et al., 2021).

Devido a isso, surgiu a necessidade de implantar novas florestas, com o objetivo de diminuir a pressão sobre as florestas nativas e abastecer o mercado consumidor (ATTIA, 2019). Neste contexto, é preciso conhecer o volume de madeira, a biomassa e o carbono produzidos pelas florestas. Para estimar o potencial dessas áreas para mitigação das mudanças climáticas é preciso saber os valores de carbono estocados na biomassa e a quantidade desse gás emitido e sequestrado pela floresta (MELQUÍADES et al., 2019; SOUSA et al., 2020). Com o volume e a biomassa se faz uma projeção do potencial da floresta para suprir a demanda por madeira e subprodutos. Para esta quantificação há dois métodos a serem empregados: o método direto e o método indireto (SILVA H. et al., 2015 DOLÁCIO et al., 2019).

O método direto é realizado de modo destrutivo, no qual é derrubada a árvore, separando-a em componentes (folhas, galhos, fuste e raízes), e posteriormente são pesados e encaminhado para laboratório (SANQUETTA et al., 2002; MARTIN; THOMAS, 2011; THOMAS; MARTIN, 2012; SANQUETTA et al., 2019). Porém, esse método não é recomendado para áreas florestais extensa, devido ao aumento dos custos de mão de obra e do tempo de execução (SANQUETTA, 2004; MARTINS et al., 2017).

Por outro lado, no método indireto é feito uma estimativa dos valores de biomassa e carbono, podendo ser realizado por meio de modelos estatísticos e dados espectrais (MELLO et al., 2019; PEREIRA JUNIOR et al., 2022; SANQUETTA et al., 2019). Esse método tem como vantagem a diminuição dos custos e do tempo de coleta (SOARES; PAULA NETO; SOUZA, 2012; CORTE et al., 2020). Por meio dessas estimativas, pode-se conhecer o volume de madeira e os estoques de carbono armazenados nas florestas (ROQUETTE, 2018).

Essas informações são importantes para instituições, governos e pesquisadores conhecerem a quantidade de carbono armazenado nas florestas, sendo um incentivo para desenvolverem e implantarem projetos para recuperação de áreas degradadas e conservação das áreas florestais existentes, bem como

implantação de novas florestas plantadas, com a finalidade de aumentar a absorção de carbono presente na atmosfera, diminuir as emissões de gases de efeito estufa e suprir a demanda.

Frente ao exposto é imprescindível que o Paraná conheça suas áreas de floresta, com o volume de madeira, o estoque de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente presentes.

Hipótese: O setor florestal do Paraná contribui para abastecer o mercado consumidor e auxilia na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas?

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial dos polos florestais Paranaenses para produção de matéria-prima e para mitigação das mudanças climáticas.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- a) Quantificar as áreas de plantios de *Eucalyptus* spp., *Pinus* spp., e as áreas com florestas nativas por polo madeireiro.
- b) Estimar o volume das florestas plantadas por meio dos *softwares* Siseucalipto e Sispinus. Obter o volume, biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente para cada polo estudado.
- c) Estimar o volume, a biomassa, o carbono e o dióxido de carbono equivalente para florestas nativas da Mata Atlântica.
- d) Avaliar a distribuição espacial dos estoques de volume, biomassa, carbono, dióxido de carbono equivalente nos polos florestais avaliados no Estado do Paraná.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Um dos principais agentes causadores do efeito estufa é o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (BARROS; OLIVEIRA, 2022), oriundo das ações antrópicas, como desmatamento e queimada da vegetação, a qual é rica em carbono, bem como pela queima de combustíveis fósseis (KELMAN et al., 2008; PINHEIRO et al., 2014). Muito tem se discutido acerca da redução das áreas florestais em determinados pontos do mundo, sobretudo nos países subdesenvolvidos e as implicações disso no planeta (FAO, 2015).

De acordo com o relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) publicado em 2022, o mundo está sofrendo com um aquecimento de 1,1° C decorrente das mudanças climáticas. O relatório explica que os gases de efeito estufa presentes na atmosfera adicionados às futuras emissões, desencadeará graves impactos climáticos até 2040. Esse acontecimento afeta milhões de pessoas por meio do calor excessivo, expansão de vetores de doenças, derretimento da calota polar e aumento do nível médio do mar, alteração do regime hídrico, aumento da frequência e intensidade de inundações, secas e incêndios florestais, comprometendo a biodiversidade e a produção de alimentos (SANTOS et al., 2013; TAVARES; ARRUDA; SILVA, 2019; AGUIAR; ÂNGELO, 2020; LOURENÇO; VIEIRA, 2020; SANTANA; PAGANI; MASCARENHAS, 2020; LIMA et al., 2021; MASCARENHAS et al., 2021).

Com intuito de mitigar essas mudanças climáticas foram realizados encontros e acordos. O primeiro encontro realizado foi em 1988, "Toronto Conference on the Changing Atmosphere". Em 1990 teve o IPCC's (Intergovernmental Panel on Climate Change) que deu origem à Convenção do Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (UNFCCC) (FONSECA, 2008; SOUZA; CORAZZA, 2017). Nesse mesmo ano aconteceu a criação do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC), com o intuito de avisar o mundo sobre o aquecimento global.

Em 1992 aconteceu a Eco92, evento que determinou que os países eram responsáveis pela conservação do clima, entrando em vigor só em 2005 (OLIVEIRA, 2010). Em 1997 foi assinado o Protocolo de Kyoto pelos principais países

responsáveis pelas emissões de GEE, tendo como objetivo colocar os países desenvolvidos para assumir o compromisso em reduzir as emissões. Sendo posteriormente substituído pelo Acordo de Paris.

Esses acordos têm a intenção de incentivar os países a procurarem meios para mitigar as mudanças climáticas, uma alternativa viável para isso são as florestas (RIBEIRO et al., 2011; FAO, 2018). A qual conserva a biodiversidade, regula o clima e estoca o dióxido de carbono (RIBEIRO et al., 2011). Durante a fotossíntese, as plantas absorvem dióxido de carbono presente na atmosfera e transformam em biomassa (BARBOSA et al., 2013), com utilização de água e luz solar (VEGA, 2003).

## 2.2 FLORESTAS NATIVAS

A Mata Atlântica sofreu com desmatamento e fragmentação desde a colonização, resultando no comprometimento de toda sua extensão. Esse bioma é importante para a conservação da biodiversidade, pois nele existem milhares de espécies endêmicas catalogadas (SEEG, 2021). Devido aos desmatamentos realizados no decorrer dos anos, somente 24% da Mata Atlântica possui sua cobertura original (SOS MATA ATLÂNTICA, 2021).

As ações antrópicas sobre esse bioma podem ter reduzido a capacidade da Mata Atlântica em se recuperar (TAMBOSI et al., 2014). Alguns estudos observaram que 85% da Mata Atlântica apresentaram baixa capacidade de resiliência e somente 5% tiveram uma boa fonte de biodiversidade para a colonização de outras áreas (POORTER et al., 2016). Sendo assim, torna-se necessário políticas de conservação mais efetiva, com implantação de plantios florestais para que ocorra a diminuição do desmatamento e degradação dessas áreas (ZANINI, 2021).

Estudos estimam que mais ou menos um terço das espécies arbóreas desse bioma estão em risco de extinção, decorrente da alta fragmentação e extinção de agentes polinizadores locais (CANALE et al., 2012). De acordo com os dados apresentados pela SOS Mata Atlântica (2021), o estudo do Paraná teve 2.767 hectares de áreas desmatadas entre 2018 e 2019. A Fundação SOS Mata Atlântica (2021), relata que o estado do Paraná é coberto por dois biomas, do qual o bioma Mata Atlântica corresponde a 99%.

Com intuito de recuperar as áreas degradadas, no Brasil foi criado em 2009 o Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, tendo como objetivo restaurar e conservar a biodiversidade, o qual tem previsão de que até 2050, tenha sido restaurado 15 milhões de ha desse bioma. Com a preservação e restauro da Mata Atlântica, o país contribuiria para a mitigar as mudanças climáticas e proteção da biodiversidade (DI MARCO et al., 2019; IPCC, 2019; GUEDES PINTO; VOIVODIC, 2021).

No estado do Paraná o bioma predominante é a Mata Atlântica, o qual apresenta as seguintes formações vegetais: Floresta Ombrófila Densa (floresta atlântica), Floresta Ombrófila Mista (floresta com araucária), Floresta Estacional Semidecidual (floresta pluvial tropical-subtropical), Savana (cerrados) e Estepe (campo gerais) (IBGE, 2012).

A Floresta Ombrófila Densa está localizada na região Leste do estado, onde funciona como uma barreira natural contra os ventos oriundos do Oceano Atlântico, e no Vale do Rio Ribeira. Sendo caracterizado por fanerófitos (subformas de vida macro e mesofanerófitos), lianas, lenhosas e epífitas. As características ombrotérmicas são: temperaturas elevadas, alta precipitação com boa distribuição de chuvas (IBGE, 2012).

A Floresta Ombrófila Mista está localizada no planalto do estado e na região Oeste. Essas regiões têm chuvas bem distribuídas, temperaturas médias baixas com ocorrência de geadas. As principais espécies dessa vegetação são: *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Drimys* e *Podocarpus*. A Floresta Ombrófila Mista tem quatro formações: aluvial (< 400m), submontana, montana (400 a 1000m), alto-montana (> 1000m) (IBGE, 2012).

A Floresta Estacional Semidecidual apresenta duas estacionalidade climática, uma subtropical sem período seco e com seca fisiológica, no qual as temperaturas médias são inferiores a 15° C e outra tropical com intensas chuvas no verão, com estiagem acentuada. Esta floresta tem a característica de perder de 20 a 50% das folhas, sendo constituída por fanerófitos com gemas foliares. No Estado do Paraná são encontradas as formações aluvial, submontanha e montanha (IBGE, 2012).

Os Estepes são áreas sem vegetação arbórea ou cultivadas, sendo classificado no Paraná como Estepe Gramíneo lenhosa. O qual tem um único estrato constituído de duas sinúsias: a dos hemicriptófitos e a dos geófitos. As quais

têm pilosidade das folhas e colmos. Tem como característica áreas com gramíneas baixas desprovidas de arbustos, com agrupamentos arbóreos não tem alturas elevadas (IBGE, 2012).

O Savana tem característica xeromorfa podendo ter clima estacional ou clima ombrófilo. Reveste solos lixiviados aluminizados, apresentando sinúcias de hemicriptófitos, geófitos e fanerófitos oligotróficos de pequeno porte (IBGE, 1992). Ocupando 0,04% no Estado Paraná, tendo características singulares de solo, clima e vegetação (IBGE, 2012).

### 2.3 FLORESTAS PLANTADAS

O desafio da economia nos últimos anos é conciliar os recursos naturais, quase sempre escassos, com as necessidades humanas (MARTINE; ALVES, 2015; RAWORTH; 2019). Com o crescimento populacional ocorreu um aumento na demanda por produtos florestais, ocasionando uma pressão sobre as florestas nativas. Devido a isso, surgiu a necessidade de aumentar os plantios florestais, com objetivo de produzir matéria prima para suprir o mercado consumidor (MOREIRA; SIMIONI; DE OLIVEIRA, 2017).

Entre os países com maiores áreas de florestas plantadas, o Brasil ocupa a sétima posição (APRE, 2022). O setor florestal brasileiro tem influenciado na economia do país, contribuindo com 1,2% do PIB Nacional e receita bruta total de R\$ 97,4 bilhões (IBÁ, 2020). Além de contribuir com a geração de renda, esse setor contribui com a geração de novos empregos e oportunidades. Em 2019 o Brasil apresentou uma alta na taxa de desemprego (11,9%), contudo o setor florestal continuou recebendo investimento para ampliação de novas áreas, gerando desse modo novos empregos (APRE, 2020).

Os gêneros mais plantados no país são o *Eucalyptus* e o *Pinus*, devido ao fato que essas culturas apresentam rápido crescimento, com alta produtividade, resultando em um retorno econômico lucrativo. Eles têm uma boa adaptação edafoclimáticas, se adaptando a diferentes climas, relevos, temperatura, tipo de solo e regime hídrico (SIMBERLOFF et al., 2010; STANTURF et al., 2013; CALVIÑO-CANCELA; LORENZO; GONZÁLEZ, 2018).

As maiores áreas de florestas plantadas brasileiras encontram-se nas regiões Sudeste e Sul do país. Na região Sudeste, grande parte dos plantios são do gênero

*Eucalyptus*, abastecendo o setor siderúrgico. No Sul, destaca-se os plantios de *Pinus*, do qual o Paraná possui a maior área com florestas plantadas dessa cultura. Segundo os dados divulgados pela Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal (APRE), o estado do Paraná tem uma área total de 1.177.596,34 hectares de plantios florestais, do qual 60,6% dos plantios são do gênero *Pinus* e 38,2% são do gênero *Eucalyptus* (APRE, 2022).

### 2.3.1 *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus* é o mais plantado em todo o mundo, ocupando aproximadamente 20 milhões de hectares em todo planeta (ALBAUGH et al., 2013). Essa ampla utilização está relacionada com suas características físicas e químicas, bem como a sua baixa suscetibilidade a pragas e doenças, com crescimento rápido e grande produtividade, apresentando boa adaptação edafoclimáticas (CERQUEIRA NETO, 2012; AMENU, 2017; FAO, 2016; ATTIA et al., 2019; IBÁ, 2019; PENÍN et al., 2020; ZAITON et al., 2020; TOMÉ et al., 2021).

O gênero *Eucalyptus* conta com mais de 730 espécies oriundas da Austrália, Indonésia, Nova Guiné e Filipinas (BADALAMENTIL et al., 2018; CALVIÑO-CANCELA; LORENZO; GONZÁLEZ, 2018), das quais aproximadamente 30 espécies são utilizadas para fins comerciais no mundo (EMBRAPA, 2019). As principais espécies desse gênero são: *E. camaldulensis*, *E. grandis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. nitens*, *E. urophylla*, *E. saligna*, *E. dunnii* e *E. pellita* e seus híbridos, correspondendo mais de 90% dos plantios (STANTURF et al., 2013). Cada espécie apresenta diferentes propriedades, isso ocorre porque sua composição depende da origem, da localização geográfica e das condições climáticas que a espécie se encontra (BOBIS et al., 2020).

O manejo dessa cultura deve ser realizado de forma eficaz, caso contrário, ocasiona riscos ao abastecimento de água na região, com degradação do solo e desequilíbrio da biodiversidade (AMENU, 2017; FAO, 2016; IBÁ, 2019; OLIVEIRA et al., 2013; ZAITON et al., 2020). Os plantios de *Eucalyptus* no Brasil apresentam rotação curta de 6 a 7 anos para produção de celulose e com rotação longa de 12 a 15 anos para serraria (ATTIA, 2019; VIERA; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, 2019).

No Brasil, o *Eucalyptus* foi introduzido há mais de 150 anos correspondendo a 81% das florestas plantadas no país, tendo uma área de plantio comercial de 7.4

milhões de hectares (KLEIN; LUNAS, 2020; IBGE – PEVS, 2020; IBÁ, 2020). Atualmente, os plantios de *Eucalyptus* são utilizados para fabricação de painéis, compensado, serraria, papel, carvão vegetal, produção de móveis e celulose, abastecendo as indústrias farmacêuticas e o mercado de produtos naturais (AMENU, 2017; COSTA et al., 2022; GHASEMIAN et al., 2019; SABO; KNEZEVIC, 2019; PENÍN et al., 2020; ZAITON, et al., 2020).

### 2.3.2 *Pinus*

O gênero *Pinus* foi introduzido no Brasil em 1948 pelo Serviço Florestal do Estado de São Paulo, sendo que as primeiras sementes utilizadas foram das espécies *Pinus taeda* L., *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii*, *Pinus echinata* Mill e *Pinus patula* Schldl. et Cham. Com a necessidade de suprir a demanda por madeira para as indústrias, essas espécies de *Pinus* apresentaram alto potencial, resultando em experimentos em todo o país (KRONKA; BERTOLANI; HERRERA PONCE, 2005). O *Pinus* tem aproximadamente 120 espécies, oriundas do Hemisfério Norte, sendo posteriormente introduzidas no Hemisfério Sul (SIMBERLOFF et al., 2010; CALVIÑO-CANCELA; LORENZO; GONZÁLEZ, 2018).

Atualmente é o segundo gênero mais utilizado para plantios comerciais no Brasil, tendo uma área plantada de aproximadamente 1,7 milhões de hectares, concentrado nos estados do Paraná (42%), Santa Catarina (26%), Rio Grande do Sul (17%) e São Paulo (13%) (IBÁ, 2020). A espécie mais plantada é *Pinus taeda*, o qual apresenta altura total potencial de 20 m e diâmetro a altura do peito potencial de 100 cm (ELY et al., 2021; OLIVEIRA; MAYRINCK, 2021).

O uso desse gênero para abastecer o mercado consumidor contribuiu para redução da pressão sobre as florestas naturais (FAO, 2015). Esses plantios auxiliam também na remoção do carbono da atmosfera e fixação em sua biomassa (IBÁ, 2019). O que contribui para mitigação dos efeitos gerados pelas mudanças climáticas além de proporcionar o desenvolvimento econômico das regiões com plantios comerciais (FAO, 2016; NASCIMENTO, 2019). O gênero é amplamente utilizado para produção madeireira, celulose, papel e produtos florestais não madeireiros com a resina (GODINHO et al., 2019).

## 2.4 ESTOQUES DE VOLUME, BIOMASSA, CARBONO E DIÓXIDO DE CARBONO

No cenário atual de mudanças climáticas, vários estudos vêm sendo realizados com objetivo de quantificar a produção de biomassa em diferentes ecossistemas, como também avaliar e quantificar a capacidades desses ambientes em emitir e remover os gases causadores de efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono (SILVA et al., 2008).

A quantidade de biomassa presente em cada vegetal é influenciada pela quantidade de energia que ele absorve, pela fotossíntese, pela respiração, pelo seu desenvolvimento e pelos fatores edafoclimáticos (MATOS, 2020). Os fatores edafoclimáticos são: carbono, oxigênio e hidrogênio oriundos da atmosfera e da água, e os macros e micronutrientes encontrados no solo (CHAVES et al., 2022). Outros fatores também influenciam na produção de biomassa como a luz solar, temperatura, salinidade, disponibilidade hídrica, entre outros (ALBUQUERQUE et al., 2021).

A quantificação dos estoques de carbono presentes nas florestas é cada vez mais importante, sendo uma ferramenta para criação de projetos e medidas com intuito de contribuir para mitigação das mudanças climáticas (FRANK et al., 2015; FATOYINBO et al., 2018; PORTELA et al., 2020). Como também para identificar a emissões decorrentes das ações humanas e saber se estão sendo respeitadas as leis e acordos realizados contra essas emissões.

De acordo com o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), as emissões de dióxido de carbono para a atmosfera causada pelas ações humanas só no estado do Paraná, em 2020, foram de 40.653.535,14 Mg. Sendo que 54,92% dessas emissões são emitidas pelo setor de energia, 30,20% pelo setor de mudança de uso da terra e florestas, 8,71% do setor de processos industriais, 6,10% do setor de agropecuária e 0,06% de resíduos sólidos (SEEG, 2022).

O setor de mudanças de uso da terra e florestas teve emissão de 12.279.103 Mg de CO<sub>2</sub> somente em 2020. Do qual 91,98% são ocasionados pelas alterações de uso da terra, 7,49% oriundos de resíduos florestais e 0,53% de carbono orgânico no solo. Boa parte desses valores são decorrentes do desmatamento ocorridos no Paraná (SEEG, 2022).

A quantificação dos estoques de biomassa e carbono são cada vez mais importantes, devido a necessidade de acompanhar os valores de emissão e remoção de dióxido de carbono (HEROLD; JOHNS, 2007). Essas informações devem ser relatadas com regularidade, para monitoramento do cumprimento das leis e medidas estabelecidas, com intuito de estimular o reflorestamento, restauração florestal e reduzir os desmatamentos (HEROLD et al., 2019).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no estado do Paraná, região Sul do país, num total de 199.307,945 km<sup>2</sup>, correspondente à de 2,35% do território brasileiro, sendo cortado pelo Trópico de Capricórnio. O estado possui uma população de aproximadamente 11 milhões de habitantes (IBGE, 2021).

Os climas predominantes são: Cfa (Clima subtropical), presente no litoral e região norte e nordeste, com verões quentes, poucas geadas e concentração das chuvas no verão. E Cfb (clima temperado), predominante na região central e sul, com verões frescos e sem estação de seca definida, conforme a classificação de Koppen-Geiger (ALVARES, 2013).

Para realização do estudo, o estado foi dividido em sete polos florestais, tanto para as áreas com florestas plantadas como para as áreas com florestas nativas. A divisão se baseou na análise de oferta e demanda por matéria prima entre os municípios, esses definidos pela Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal - APRE. Os polos foram: Telêmaco Borba, Sengés, Lapa, Guarapuava, General Carneiro, Vale do Ribeira e Ponta Grossa (TABELA 1).

O polo de Telêmaco Borba é composto por 13 municípios, o polo de Sengés é inclui 6 municípios, o polo de General Carneiro tem 8 municípios, o polo de Vale do Ribeira abrange 10 municípios, o polo de Guarapuava tem 13 municípios, o polo de Ponta Grossa é composto de 12 municípios e por último o polo de Lapa o qual abrange 14 municípios (TABELA 1).

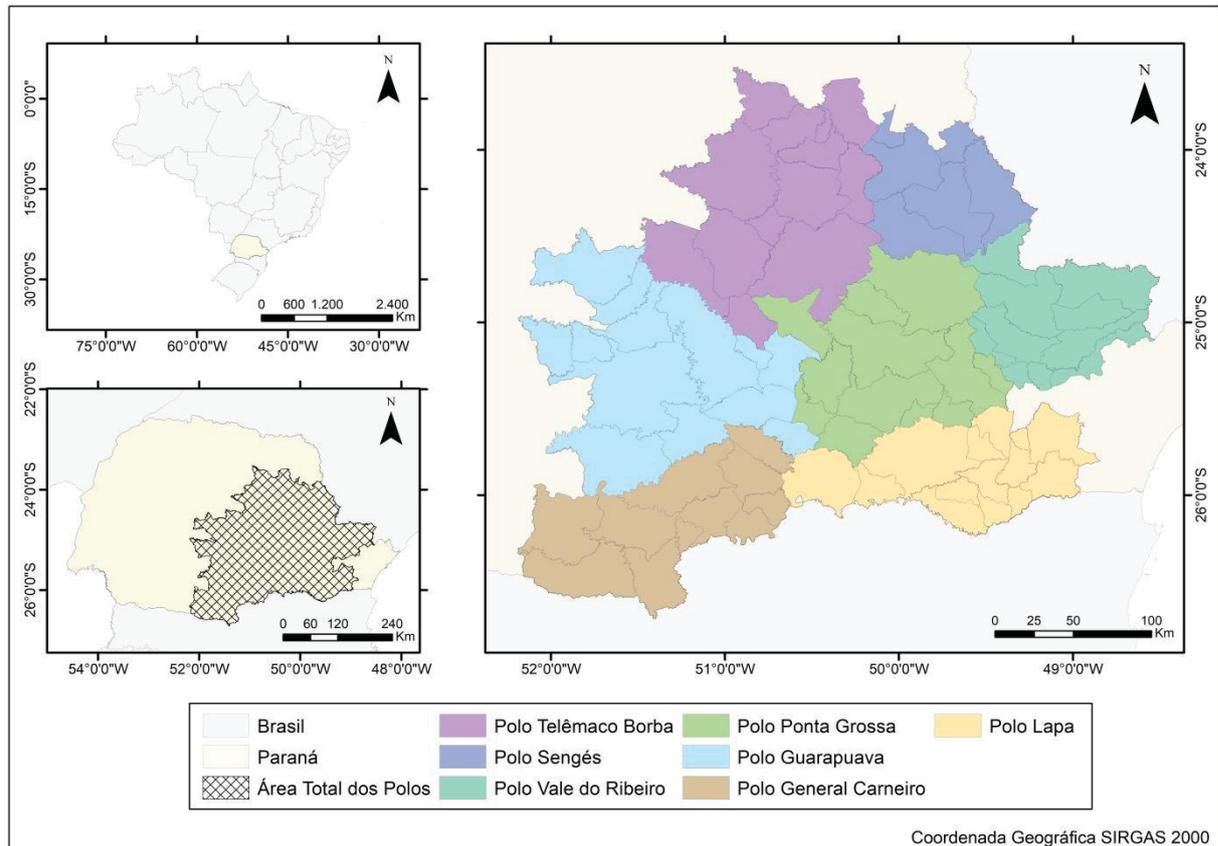
TABELA 1 - POLOS MADEIREIROS E ÁREA TERRITORIAL COM RESPECTIVOS MUNICÍPIOS DE LOCALIZAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ.

Polo	Área (ha)	Municípios	Polo	Área (ha)	Município
Telêmaco Borba	1.478.710	Telêmaco Borda	Guarapuava	1.521.200	Guarapuava
		Ortigueira			Imbituva
		Reserva			Guamiranga
		Tibagi			Prudentópolis
		Ibaiti			Pinhão
		São Jerônimo da Serra			Inácio Martins
		Sapopema			Irati
		Figueira			Rebouças
		Curiúva			Pitanga
		Imbaú			Goioxim
		Cândido de Abreu			Campina do Simão
		Ivaí			Turvo
		Ventania			Boa Ventura de São Roque
Sengés	621.321	Sengés	Ponta Grossa	1.168.510	Ponta Grossa
		Jaguariaíva			Castro
		Arapoti			Carambeí
		Piraí do Sul			Campo Largo
		São José da Boa Vista			Campo Magro
		Pinhalão			Balsa Nova
General Carneiro	997.482	Bituruna	Ponta Grossa	1.168.510	Porto Amazonas
		União da Vitória			Palmeira
		Cruz Machado			São João do Triunfo
		Rio Azul			Fernandes Pinheiro
		Mallet			Teixeira Soares
		Paula Freitas			Ipiranga
		Paulo Frontin			Lapa
Porto Vitória	Rio Negro				
Vale do Ribeira	703.542	Itaperuçu	Lapa	858.759	Campo do Tenente
		Campina Grande do Sul			Piên
		Rio Branco do Sul			Quitandinha
		Bocaiúva do Sul			Agudos do Sul
		Doutor Ulysses			Tijucas do Sul
		Adrianópolis			São José dos Pinhais
		Cerro Azul			Fazenda Rio Grande
		Tunas do Paraná			Mandirituba
		Almirante Tamandaré			Araucária
		Colombo			Contenda
					Antônio Olinto
	São Mateus do Sul				

FONTE: APRE e IBGE, adaptado pela autora (2023).

A seguir é possível observar as áreas de estudo em relação ao Brasil, sua localização no estado do Paraná e a distribuição dos municípios por polos florestais. A área de estudo se encontra na região leste do estado do Paraná (FIGURA 1).

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS POLOS FLORESTAIS NO PARANÁ.



FONTE: APRE, adaptado pela autora (2023).

## 3.2 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

### 3.2.1 Origem dos dados

As áreas das florestas plantadas foram adquiridas pelo Estudo Setorial da Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal (APRE) realizado em 2020. O mapeamento realizado pela APRE para as florestas plantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*, mensurou a quantidade de área de florestas plantada por gênero. O mapeamento de florestas nativas foi disponibilizado pelo Instituto Água e Terra (IAT). Os arquivos vetoriais com o limite municipal e estadual foram adquiridos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Devido ao fato de existirem florestas nativas dentro das Unidades de Conservação (UCs), foi realizado um levantamento da quantidade de florestas presentes dentro das UCs Federais e Estaduais. O banco de dados espacial utilizado para identificação da localização das Unidades de Conservação federais e estaduais, nos polos estudados, foi obtido do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Os polos estudados têm a presença de diferentes vegetações nativas, sendo elas: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual, Estepe Gramíneo Lenhosa e Savana Arborizada. Os diferentes tipos de vegetação podem interferir na quantidade de florestas concentradas em cada região, em razão disso foi feita uma análise das diferentes vegetações presentes em cada polo. O banco de dados utilizado para confecção do mapa de fitofisionomias foi obtido do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O processamento de todos os arquivos foi realizado no *software* QGIS, versão 3.22 (EBRAHIMI et al., 2022; LEJEUNE; DUPUIS, 2022; TRAN et al., 2022).

### 3.2.2 Área dos polos florestais

No *software* QGIS, inicialmente os arquivos vetoriais de cobertura florestal, do limite dos municípios e do limite estadual foram colocados no mesmo Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) (SIRGAS, 2000). Depois, foi criada uma camada com a delimitação do polo, sendo obtida por meio da união dos municípios pertencentes. A camada do polo foi utilizada para recortar a camada que contém a ocupação da terra. Esses processos foram realizados para os sete polos madeireiros, tanto para as florestas plantadas como para as florestas nativas. Após isso, foi utilizada a tabela de atributos para obtenção das áreas de florestas de *Pinus*, *Eucalyptus* e nativas.

As áreas das florestas plantadas de *Eucalyptus*, *Pinus* e das florestas nativas para cada polo madeireiro foram obtidas separadamente e colocadas na mesma unidade de medida em hectare (ha). Isso foi realizado por meio dos arquivos processados no QGIS, utilizando a tabela de atributos para obtenção das áreas. Por meio da calculadora de campo presente na tabela de atributo foi realizado a conversão da unidade de medida para hectares, após isso foi realizado a soma de todas as áreas para cada polo florestal (FIGURA 2).

FIGURA 2 - TELA DO QGIS.

Telemaco\_Borba\_Nat\_UC\_Fed\_Est — Total de feições: 376, Filtrada: 376, Seleccionada: 0

codigo	NIVEL_I	NIVEL_II	NIVEL_III	Regional	codibge	Município	area_ha	Fonte	Shape_Leng	Shape_Area	
1	1	Áreas de Vegeta...	Floresta Nativa	Floresta Estacio...	Ivaiporã	4104402	Cândido de Abr...	21472,93281500...	Núcleo de Inteli...	4042421,510989...	214559999,0719...
2	1	Áreas de Vegeta...	Floresta Nativa	Floresta Estacio...	Ponta Grossa	4127502	Tibagi	277,36393925400	Núcleo de Inteli...	49044,59136490...	2771499,808749...
3	1	Áreas de Vegeta...	Floresta Nativa	Floresta Estacio...	Ponta Grossa	4127502	Tibagi	30,07792080420	Núcleo de Inteli...	3071,53045754000	300545,7818170...
4	1	Áreas de Vegeta...	Floresta Nativa	Floresta Estacio...	Ponta Grossa	4127502	Tibagi	3,25756290820	Núcleo de Inteli...	1270,00273078000	32550,42619610...
5	1	Áreas de Vegeta...	Floresta Nativa	Floresta Estacio...	Ponta Grossa	4110078	Imbaú	982,04128156200	Núcleo de Inteli...	219301,5934300...	9812749,691770...
6	1	Áreas de Vegeta...	Floresta Nativa	Floresta Estacio...	Ponta Grossa	4128534	Ventania	4,06621051635	Núcleo de Inteli...	1188,98472302000	40636,40312590...
7	1	Áreas de Vegeta...	Floresta Nativa	Floresta Estacio...	Ponta Grossa	4128534	Ventania	0,007970199528	Núcleo de Inteli...	99,20712307280	79,65104946860
8	1	Áreas de Vegeta...	Floresta Nativa	Floresta Estacio...	Ponta Grossa	4128534	Ventania	0,12405749814	Núcleo de Inteli...	492,49261713800	1239,79338214000

Telemaco\_Borba\_Nat\_UC\_Fed\_Est — Calculadora de Campo

Atualizar apenas 0 feições selecionadas

Criar um novo campo

Atualizar um campo existente

Criar um campo virtual

Nome do campo de saída:

Tipo do campo de saída:

Comprimento do campo de saída:  Precisão:

Atualizar um campo existente

Nome do campo de saída:

Expressão:

Feição:

Pré-visualização: 21455,9999072

Mostrar todos os feições

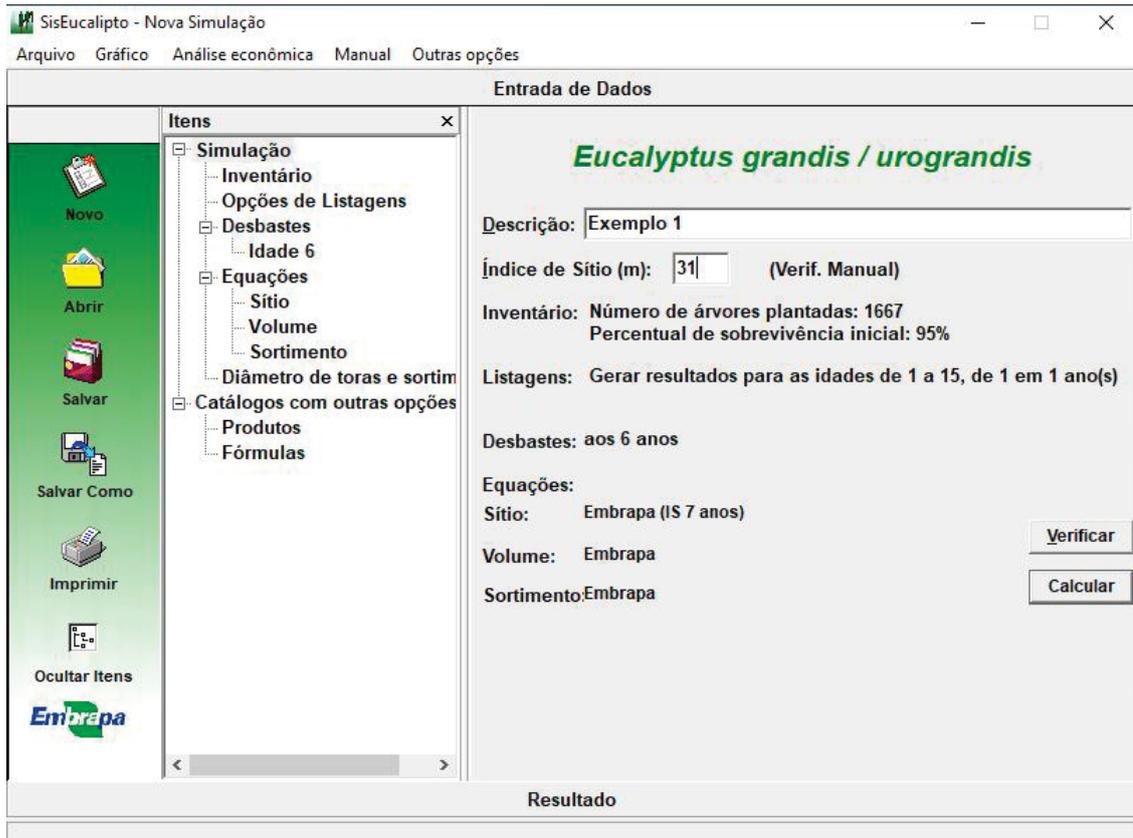
FONTE: QGIS (2023).

### 3.2.3 Florestas Plantadas

#### 3.2.3.1 Estimativas do Volume

Para estimativa do volume para o gênero *Eucalyptus* foi utilizado o software Siseucalipto, o qual foi desenvolvido pela Embrapa Florestal para simular o crescimento e a produção florestal para essa cultura (FARIAS et al., 2018; OLIVEIRA, 2021; SANTAROSA et al., 2021). Para o presente estudo, foi utilizado a versão *Eucalyptus grandis* / *Eucalyptus urograndis*. A seguir é possível observar a primeira página do Siseucalipto (FIGURA 3).

FIGURA 3 - TELA DE ABERTURA DO SOFTWARE SISEUCALIPTO.

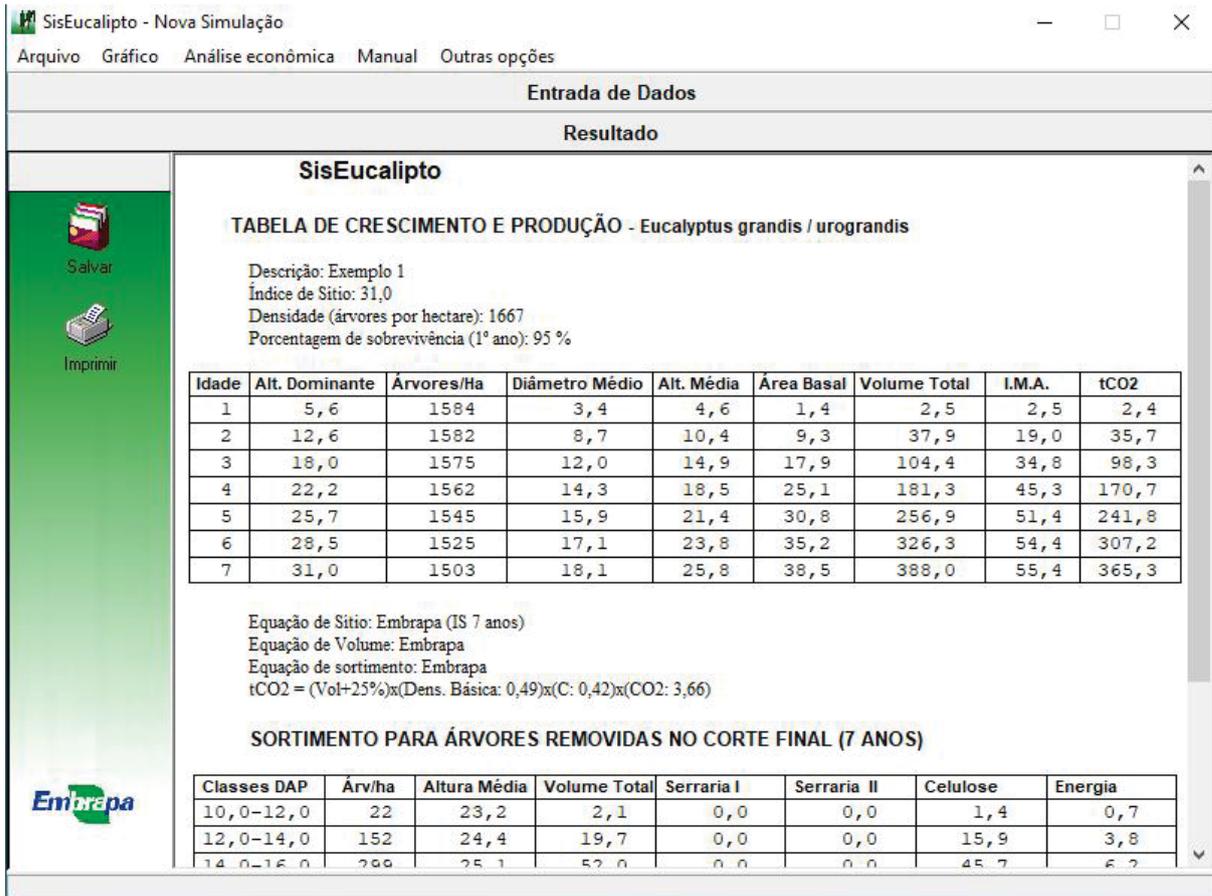


FONTE: Embrapa (2023).

A entrada de dados utilizado para a simulação do volume foram: índice de sítio médio, com altura dominante de 31 m para idade de sete anos, com densidade inicial de 1.667 árvores.ha<sup>-1</sup>, tendo como sobrevivência inicial de 95% e índice de homogeneidade do plantio de sete. Sendo realizada uma simulação sem desbaste e com rotação de cultura de sete anos.

Para a extrapolação do volume total de *Eucalyptus* por polo florestal, adotou-se a idade 3,5 anos, sendo obtido o volume médio por meio da média entre 104,4 m<sup>3</sup>/ha e 181,3 m<sup>3</sup>/ha, encontrado o valor de 142,85 m<sup>3</sup>/ha (FIGURA 4). Após encontrar o volume médio de 142,85 m<sup>3</sup>/ha para a cultura do *Eucalyptus*, o mesmo foi multiplicado pela área de cada polo, dessa forma foi possível encontrar o volume de madeira para cada polo florestal.

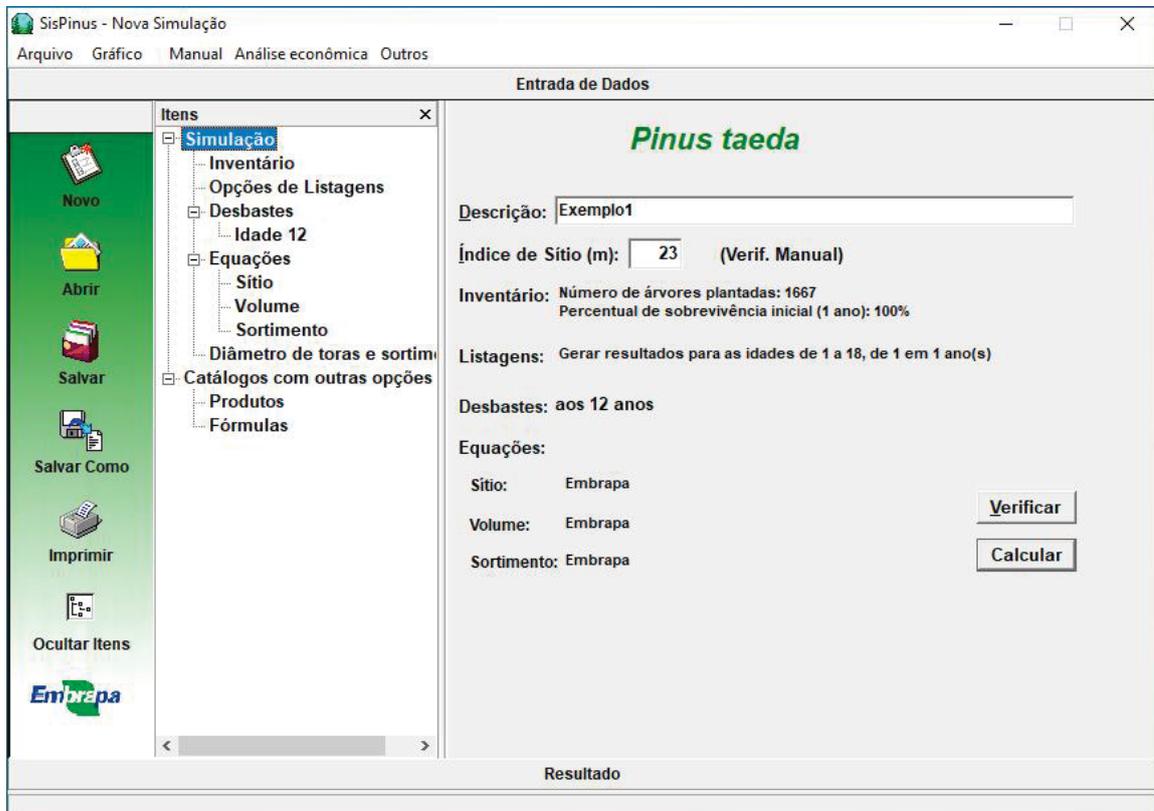
FIGURA 4 - RESULTADO ENCONTRADO NA SIMULAÇÃO NO SOFTWARE SISEUCALIPTO.



FONTE: Embrapa (2023).

Para estimar o volume para o gênero *Pinus*, foi utilizado o *software* Sispinus, o qual permite simular o desenvolvimento do *Pinus* em diferentes regimes de manejo e desbastes (MORO et al., 2008; OLIVEIRA, 2018; MACOHON et al., 2021). Neste estudo foi utilizada a versão *Pinus taeda* L. (FIGURA 5).

FIGURA 5 - TELA DE ABERTURA DO SOFTWARE SISPINUS.

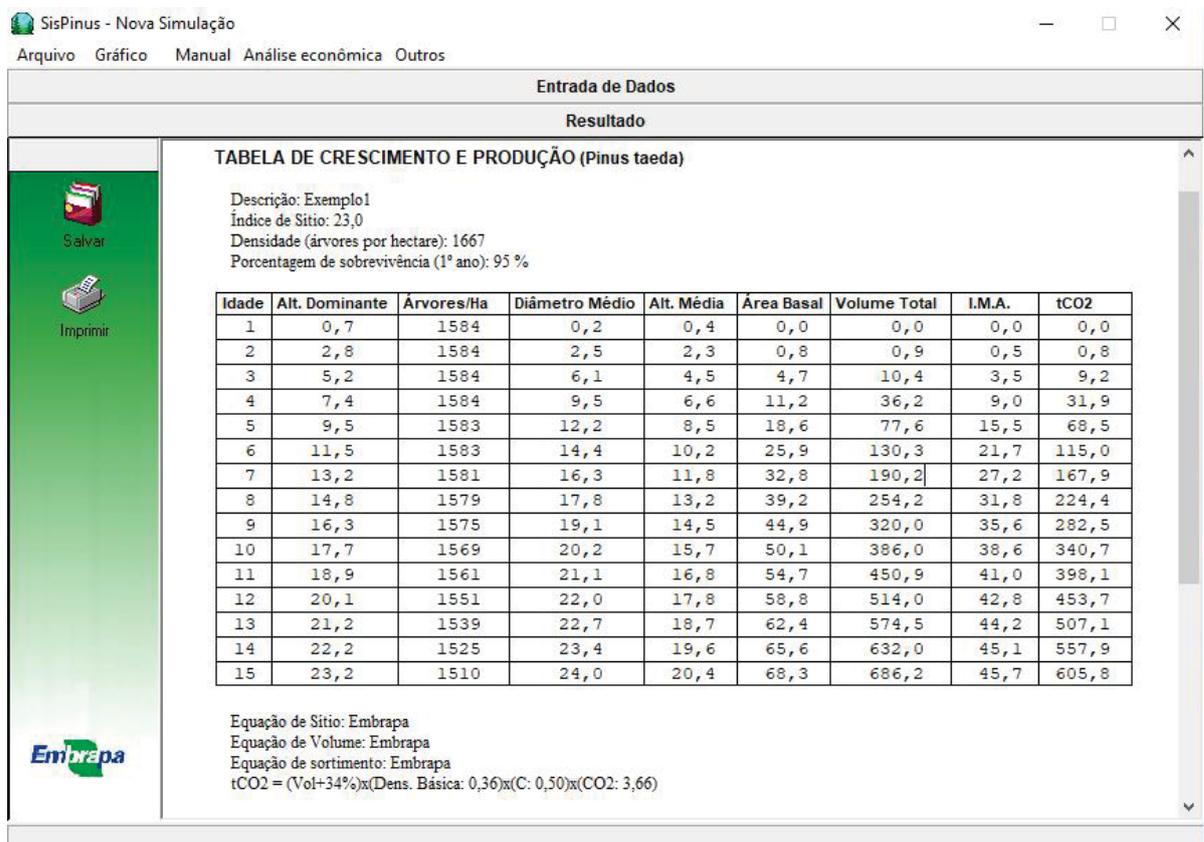


FONTE: Embrapa (2023).

O *software* realiza uma projeção conforme a idade e as informações dendrométricas adicionadas, sendo obtido diferentes valores de volume médio. Para essa espécie, foram realizadas duas simulações, sendo uma sem desbaste e outra com desbaste. Os valores inseridos nos itens simulação, inventário e opções de listagens foram os mesmos, sendo: índice de sítio médio, com altura dominante de 23 m, densidade inicial de 1.667 árvores.ha<sup>-1</sup>, com sobrevivência inicial de 95% e homogeneidade de sete.

Na simulação sem desbaste foi adotado uma rotação de cultura de 15 anos. O volume médio utilizado foi para a idade de 7,5 anos, sendo adquirido por meio da média entre os valores de 190,2 m<sup>3</sup>/ha e 254,2 m<sup>3</sup>/ha, obtendo assim o volume médio de 222,2 m<sup>3</sup>/ha (FIGURA 6). O volume médio encontrado na simulação sem desbastes, multiplicou-se pelas áreas cuja principal finalidade é a produção de celulose.

FIGURA 6 - RESULTADO ENCONTRADO NA SIMULAÇÃO NO SOFTWARE SISPINUS SEM DESBASTE.



FONTE: Embrapa (2023).

A madeira produzida nos polos de Telêmaco Borba, Sengés e Vale do Ribeira são destinados, principalmente, para a indústria de celulose e papel (APRE, 2020). Assim, para estimar o volume de madeira produzida nesses polos, multiplicou-se a área de floresta plantada de cada polo pelo volume médio encontrado na simulação sem desbaste.

A simulação com desbaste utilizou as idades de 8 anos e 15 anos. Os softwares apresentam opções de desbastes dos tipos sistemático, seletivo e misto. Na idade de 8 anos, realizou o tipo misto, em que primeiro processa de modo sistemático e, em seguida, de modo seletivo, no qual manteve-se fixo o número de 800 árvores, retirando a 6ª linha (FIGURA 7). O segundo desbaste ocorreu de modo seletivo, mantendo-se fixo o número de 400 árvores. Na simulação foi realizada uma rotação de cultura de 20 anos.

FIGURA 7 - ENTRADA DE DADOS NO SOFTWARE SISPINUS.

FONTE: Embrapa (2023).

Nessa simulação foi obtido o volume médio de  $253,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , esse valor foi multiplicado pelas áreas que apresentam a principal finalidade produção de madeira. As florestas de *Pinus* plantadas nos polos de General Carneiro, Guarapuava, Ponta Grossa e Lapa têm como principal finalidade o setor madeireiro (APRE, 2020). Com isso, para estimar o volume de *Pinus* produzido por esses polos, multiplicou-se a área de plantio de *Pinus* de cada polo pelo volume médio encontrado na simulação com desbaste.

### 3.2.3.2 Estimativas da Biomassa

Para estimar a biomassa seca do fuste, da parte aérea e das raízes, foram utilizadas as massas específicas básicas (MEB), os fatores de expansão da biomassa (FEB) e de razão de raízes (R), respectivamente. Na estimativa da biomassa seca total, realizou-se a soma da biomassa aérea com a biomassa da raiz:

$$W_{\text{fuste}} = V_{\text{fuste}} * \text{MEB} \quad \text{Equação 1}$$

Em que:  $W_{\text{fuste}}$  = biomassa seca dos fustes (kg);  $V_{\text{fuste}}$  = volume comercial dos fustes ( $\text{m}^3$ ); MEB = massa específica básica da madeira.

$$W_{\text{aérea}} = W_{\text{fuste}} * \text{FEB} \quad \text{Equação 2}$$

Em que:  $W_{\text{fuste}}$  = biomassa seca dos fustes (kg);  $W_{\text{aérea}}$  = biomassa seca aérea (kg); FEB = fator de expansão de biomassa.

$$W_{\text{raiz}} = W_{\text{aérea}} * (1 + R) \quad \text{Equação 3}$$

Em que:  $W_{\text{raiz}}$  = biomassa seca subterrânea (kg);  $W_{\text{aérea}}$  = biomassa seca aérea (kg); R = razão de raízes.

$$W_{\text{total}} = W_{\text{aérea}} + W_{\text{raiz}} \quad \text{Equação 4}$$

Em que:  $W_{\text{total}}$  = biomassa seca total acima e abaixo do solo (kg);  $W_{\text{aérea}}$  = biomassa seca aérea (kg);  $W_{\text{raiz}}$  = biomassa seca subterrânea (kg).

MEB é a relação entre volume e massa da madeira, utilizado para converter o volume do fuste em massa (Mg). FEB expande a massa do fuste para toda parte aérea e R considera a fração de raízes abaixo do solo. Os valores utilizados foram retirados do trabalho de Sanquetta et al. (2018a), o qual obteve um valor médio para os índices após ter realizado uma correlação dos valores encontrados na literatura (TABELA 2):

TABELA 2 - MEB, FEB, R E TC PARA AS ESSÊNCIAS FLORESTAIS PLANTADAS NO BRASIL.

<b>Gênero</b>	<b>MEB</b>	<b>FEB</b>	<b>R</b>	<b>TC</b>
<i>Eucalyptus</i>	0,5090	1,1667	0,1700	0,4630
<i>Pinus</i>	0,3502	1,8182	0,3463	0,4536

Em que: MEB = massa específica básica da madeira; FEB = fator de expansão de biomassa; R = razão de raízes; TC = teor de carbono.

### 3.2.3.3 Estimativas do carbono e dióxido de carbono equivalente

Para estimar os valores de carbono, considerou-se um fator de conversão de 0,4630 para cultura do eucalipto, e 0,4536 para cultura do *Pinus*, presumindo que

46,30% e 45,36%, respectivamente, da biomassa é composta de carbono (FAO, 2014). Para estimar os estoques de carbono foram utilizados os valores de biomassa, multiplicando-os pelos respectivos teores de carbono por gênero estudado.

$$C = W \cdot TC / 100 \quad \text{Equação 5}$$

Em que: C = carbono na biomassa total (kg); W = biomassa seca total; e TC = teor de carbono (%).

Para estimar o dióxido de carbono equivalente, foi utilizada uma relação estequiométrica, assumindo as massas atômicas: C = 12 e O = 16, aplicando na equação 6:

$$CO_{2eq} = C \cdot 44 / 12 \quad \text{Equação 6}$$

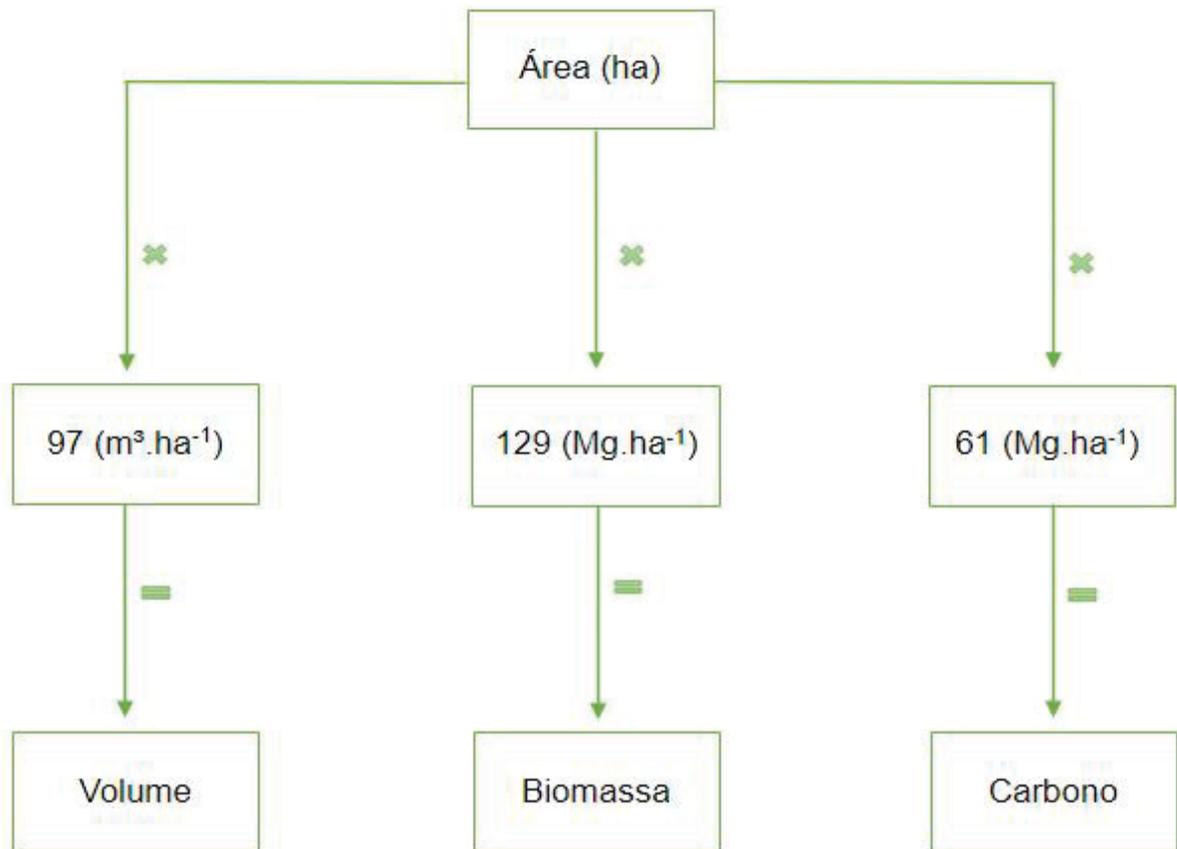
Em que: CO<sub>2eq</sub> = dióxido de carbono equivalente; C = carbono na biomassa total (kg).

#### 3.2.4 Florestas Nativas

O volume de madeira e os estoques de biomassa e carbono para as florestas nativas por polo madeireiro, foram obtidos por meio da extrapolação, utilizando os valores unitários (por hectare). Os valores utilizados foram obtidos do estudo realizado por Sanquetta et al. (2018b), o qual utilizou o relatório intitulado *Global Forest Resources Assessment FRA 2015*, submetido pelo Serviço Florestal Brasileiro à FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) (FAO, 2014). Nesse estudo foi avaliado a área, o volume de madeira, a biomassa e o carbono para os seis biomas presentes no Brasil durante o período de 1990 a 2015, realizando a dedução dos valores.

Para estimar o volume total por polo madeireiro, foi realizada a multiplicação da área de florestas nativas por 97 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Para obtenção da biomassa total multiplicou-se a área de florestas nativas por 129 Mg.ha<sup>-1</sup> e para obter o valor de carbono total, foi multiplicado 61 Mg.ha<sup>-1</sup> pela área de cada polo madeireira (SANQUETTA et al., 2018b) (FIGURA 8).

FIGURA 8 - FLUXOGRAMA DA OBTENÇÃO DO VOLUME, BIOMASSA E CARBONO EM FLORESTAS NATIVAS.



FONTE: Sanquetta et al., (2018b), adaptado pela autora.

Por último, para encontrar os estoques de dióxido de carbono equivalente, foi realizada a relação estequiométrica, a multiplicação do carbono total obtido pela extrapolação por 44 e o resultado encontrado dividido por 12, conforme a equação 6.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 ÁREA DOS POLOS FLORESTAIS

A quantidade de florestas plantadas dentro de cada polo florestal, resultou em: área territorial de Telêmaco Borba 14% são de florestas plantadas, em Sengés 21,13%, em General Carneiro 11%. O polo de Vale do Ribeira tem 13% da sua área de florestas nativas, Lapa tem 9%, Ponta Grossa 7% e Guarapuava tem 6% (TABELA 1 e 3).

O polo de Telêmaco Borba tem aproximadamente 220 mil hectares de florestas plantadas, do qual 50,3% são do gênero *Pinus*, 46,3% são do gênero *Eucalyptus* e 3,4% são de outras culturas. O polo de Sengés tem 133 mil ha de florestas plantadas, sendo 75,4% de *Pinus* e 23,4% de *Eucalyptus*. O polo de General Carneiro possui 120 mil hectares de plantadas, com 86,7% de *Pinus* e 6,8% de *Eucalyptus* (TABELA 3).

TABELA 3 - ÁREA DE FLORESTAS PLANTADAS DE *PINUS*, *EUCALIPTO* E FLORESTAS NATIVAS POR POLO FLORESTAL NO PARANÁ.

Polo	Área (ha)						Total
	<i>Pinus</i>	(%)	<i>Eucalyptus</i>	(%)	Nativas	(%)	
Telêmaco Borba	110.728	18	101.924	58	494.983	17	707.635
Sengés	100.238	16	31.053	18	181.325	6	312.616
General Carneiro	104.017	17	8.163	5	319.854	11	432.033
Vale do Ribeira	88.483	14	5.042	3	405.296	14	498.821
Guarapuava	74.015	12	16.382	9	622.740	22	713.137
Ponta Grossa	76.385	12	8.194	5	436.593	15	521.173
Lapa	70.804	11	3.669	2	385.977	14	460.450
Total	624.670	100	174.427	100	2.846.768	100	3.645.86

FONTE: APRE e IAT, adaptado pela autora (2023).

O polo de Vale do Ribeira tem 104 mil hectares de florestas plantadas, do qual 84,8% de *Pinus* e 4,8% de *Eucalyptus*. O polo Guarapuava conta com 100 mil hectares de florestas plantadas, sendo 74,1% de *Pinus* e 16,4% de *Eucalyptus*. O polo de Ponta Grossa contém 91 mil hectares de plantadas, com 83,9% de *Pinus* e 9,0% de *Eucalyptus* e o polo de Lapa é o que apresenta menor área de florestas

plantadas, sendo de 80 mil hectares, do qual 88,2% são de plantio de *Pinus* e 4,6% são plantio de *Eucalyptus* (TABELA 3).

Entre os polos estudados Telêmaco Borba abrange a maior extensão de florestas plantadas do Paraná, no qual se encontra o maior plantio de *Eucalyptus* do estado. O polo Sengés conta com o segundo maior território de florestas plantadas. General Carneiro é o polo com a terceira maior área de florestas plantadas. O polo de Lapa tem a menor área de florestas plantadas.

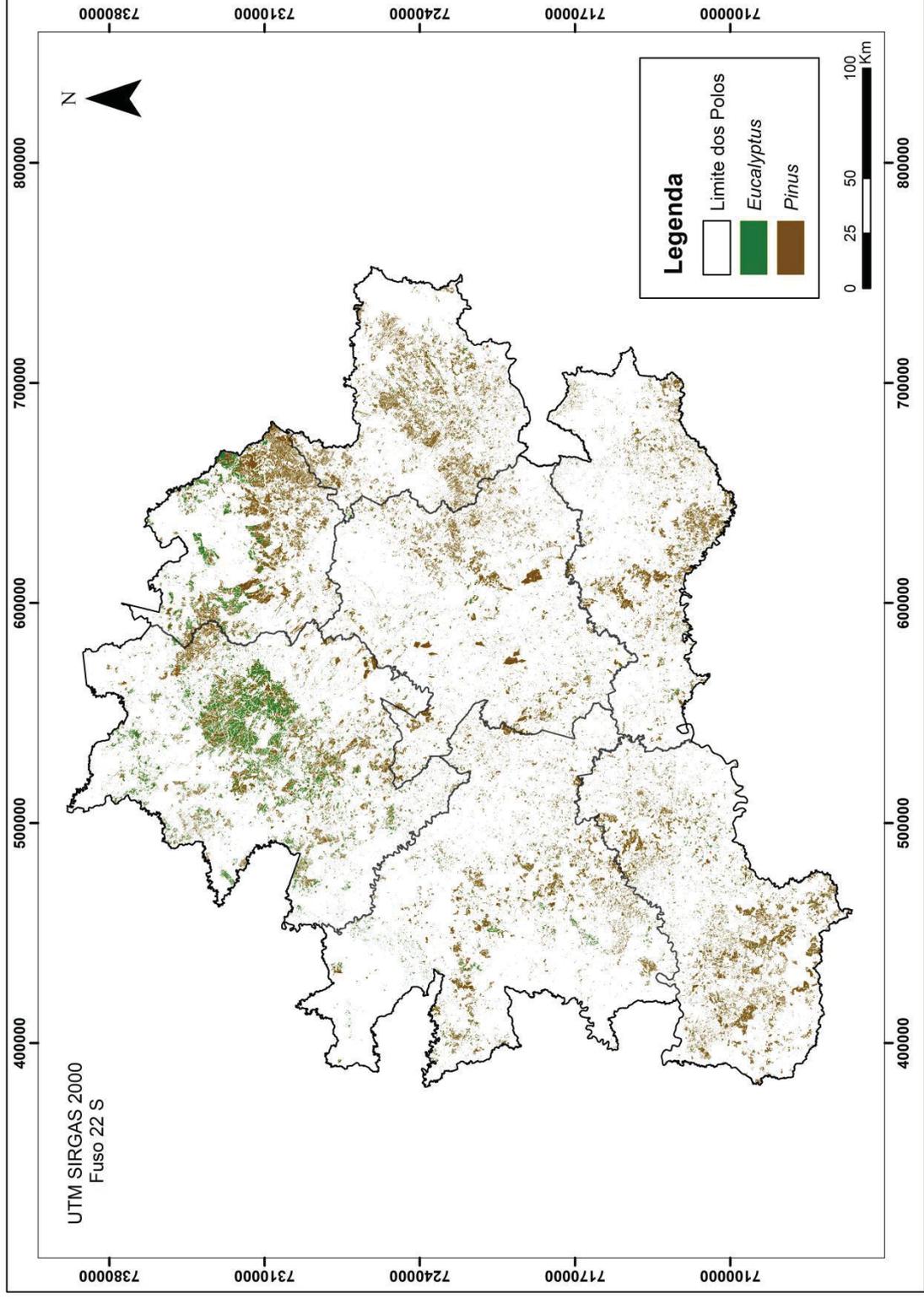
O polo de Guarapuava tem a maior área de florestas nativas, representando 21,88% da área total. Seguido por Telêmaco Borba com 17,39%, Ponta Grossa com 15,34% e Vale do Ribeira com 14,24%. Já o polo de Sengés tem a menor área, contribuindo somente com 6,37% da área total de florestas nativas (TABELA 3).

Os polos de Telêmaco Borba e Sengés têm mais áreas plantadas de *Eucalyptus*, tendo a cor verde mais presente. Em Guarapuava, os plantios de *Eucalyptus* são mais dispersos ao longo do território. Por outro lado, na visualização de General Carneiro e Lapa, as áreas com plantios de *Eucalyptus* são pouco perceptíveis. Na região central do polo de Telêmaco Borba, na divisa entre os municípios de São Jerônimo da Serra e Sapopema e na região Nordeste de Reserva tem-se a maior concentração de plantio florestal de *Eucalyptus* (FIGURA 9).

A visualização dos plantios de *Pinus* pelos polos é mais visível, sendo mais perceptíveis a cor marrom. Nos sete polos estudados, pode-se observar áreas com maior concentração de *Pinus*, entre eles General Carneiro, Ponta Grossa, Vale do Ribeira e Lapa, tendo assim a coloração marrom mais presente, sendo pouco visível a coloração verde (FIGURA 9).

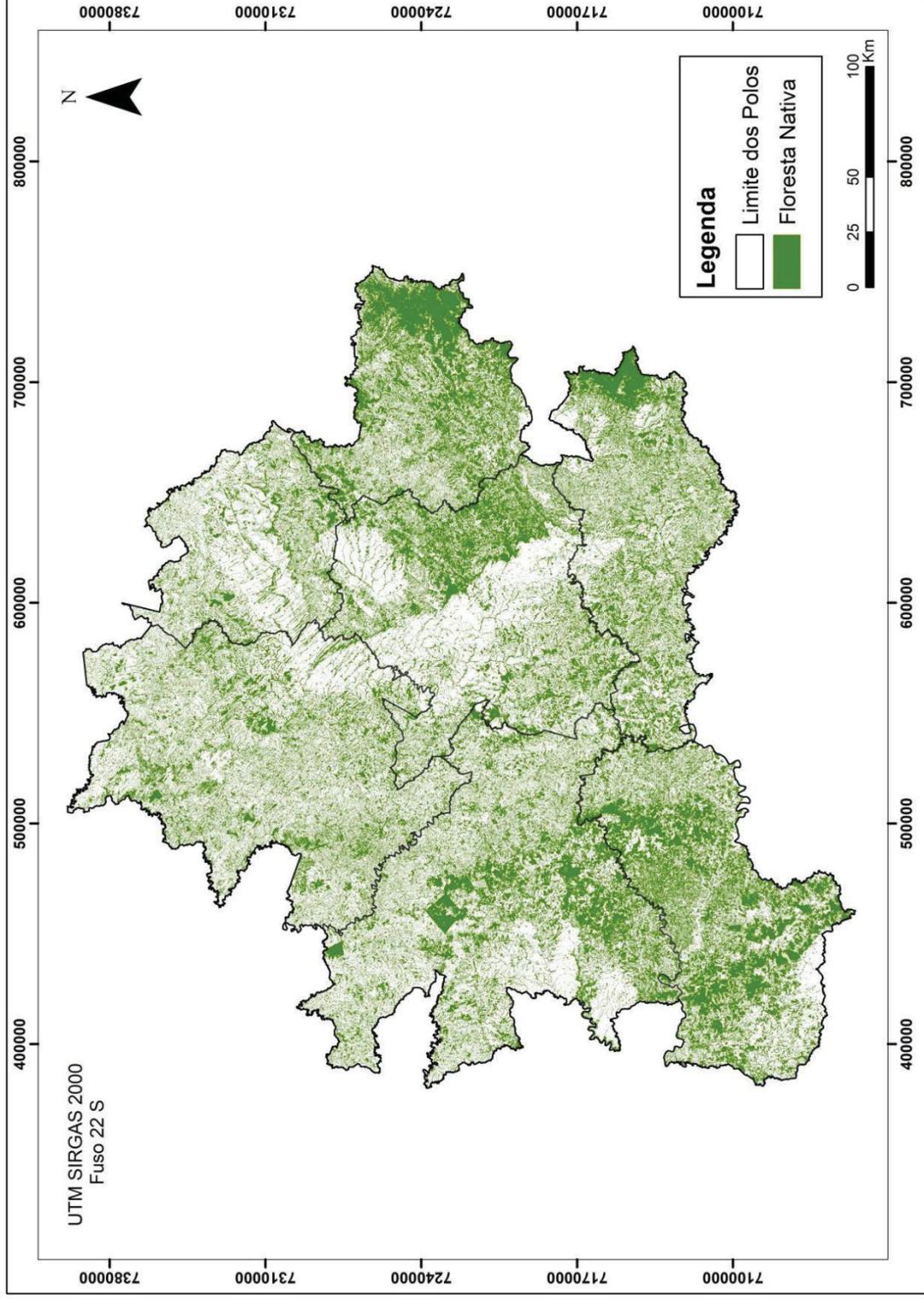
O polo de Guarapuava apresenta a maior área de florestas nativa, seguido por Telêmaco Borba e Ponta Grossa, apresentando determinadas regiões com maiores concentrações. Pode-se observar uma faixa com poucas florestas que passa entre Sengés, Telêmaco Borba, Ponta Grossa e atinge um pouco da Lapa, sendo que o polo de Ponta Grossa apresenta uma maior área sem floresta nativa. Lapa tem maior concentração de florestas na região Leste, assim como Guarapuava (FIGURA 10).

FIGURA 9 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PLANTIOS FLORESTAIS DE EUCALYPTUS E PINUS NOS POLOS FLORESTAIS NO PARANÁ.



Fonte: APRE, adaptado pela autora (2023).

FIGURA 10 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS FLORESTAS NATIVAS NOS POLOS FLORESTAIS NO PARANÁ.



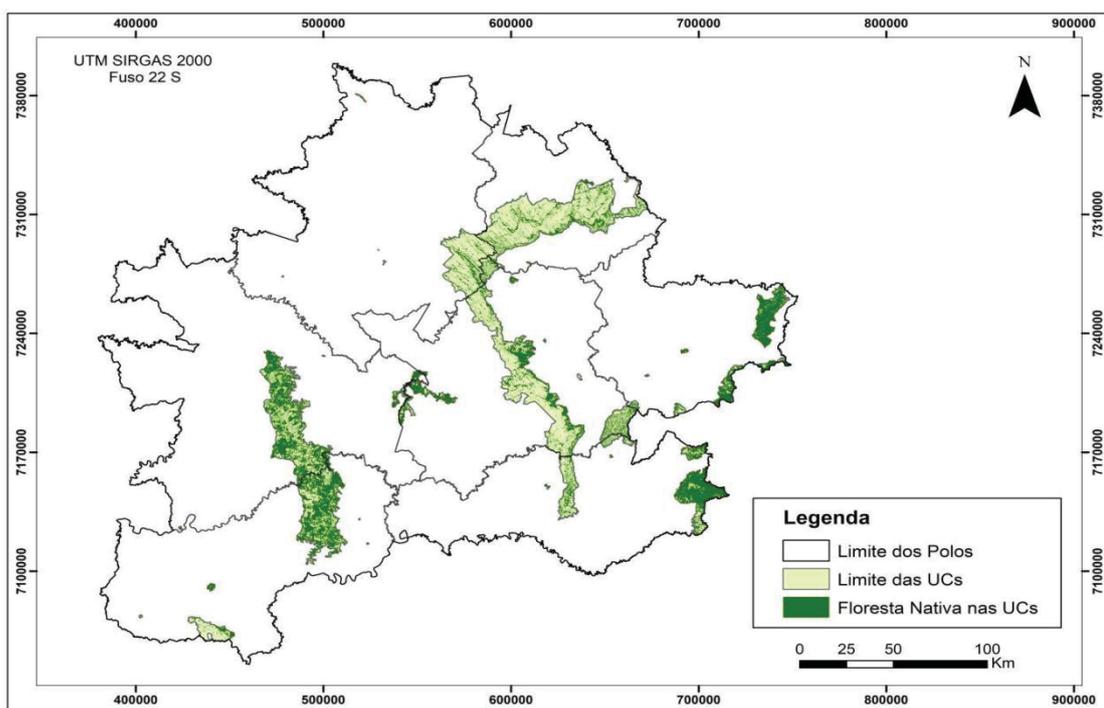
Fonte: IAT, adaptado pela autora (2023).

Pode-se observar que o polo de Guarapuava na região Sudoeste, onde se encontra os municípios de Pinhão e Guarapuava, apresenta poucas áreas com florestas nativas e plantios florestais. O polo de Vale do Ribeira apresenta maior concentração de floresta nativas na região Leste dos municípios de Adrianópolis, Bocaiúva do Sul, Campina Grande do Sul e Tunas do Paraná e tendo pouca concentração de plantios florestais nessas regiões. De forma semelhante, aconteceu com Lapa entre as regiões Leste e Sudeste do município de São José dos Pinhais.

#### 4.1.1 Unidades de Conservação

A área de florestas nativas presentes nas Unidades de Conservação Federais e Estaduais por polo florestal em percentagem são: 12,06% em Telêmaco Borba, 59,87% em Sengés, 48,94% em General Carneiro, 57,92% em Vale do Ribeira, 36,99% em Guarapuava, 49,62% em Ponta Grossa e 39,52% em Lapa. Aproximadamente 43,31% das florestas nativas estão dentro das Unidades de Conservação. A seguir é possível visualizar a localização das UCs em cada polo estudado, com as florestas nativas presentes dentro delas (FIGURA 11).

FIGURA 11 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DOS POLOS FLORESTAIS NO PARANÁ.



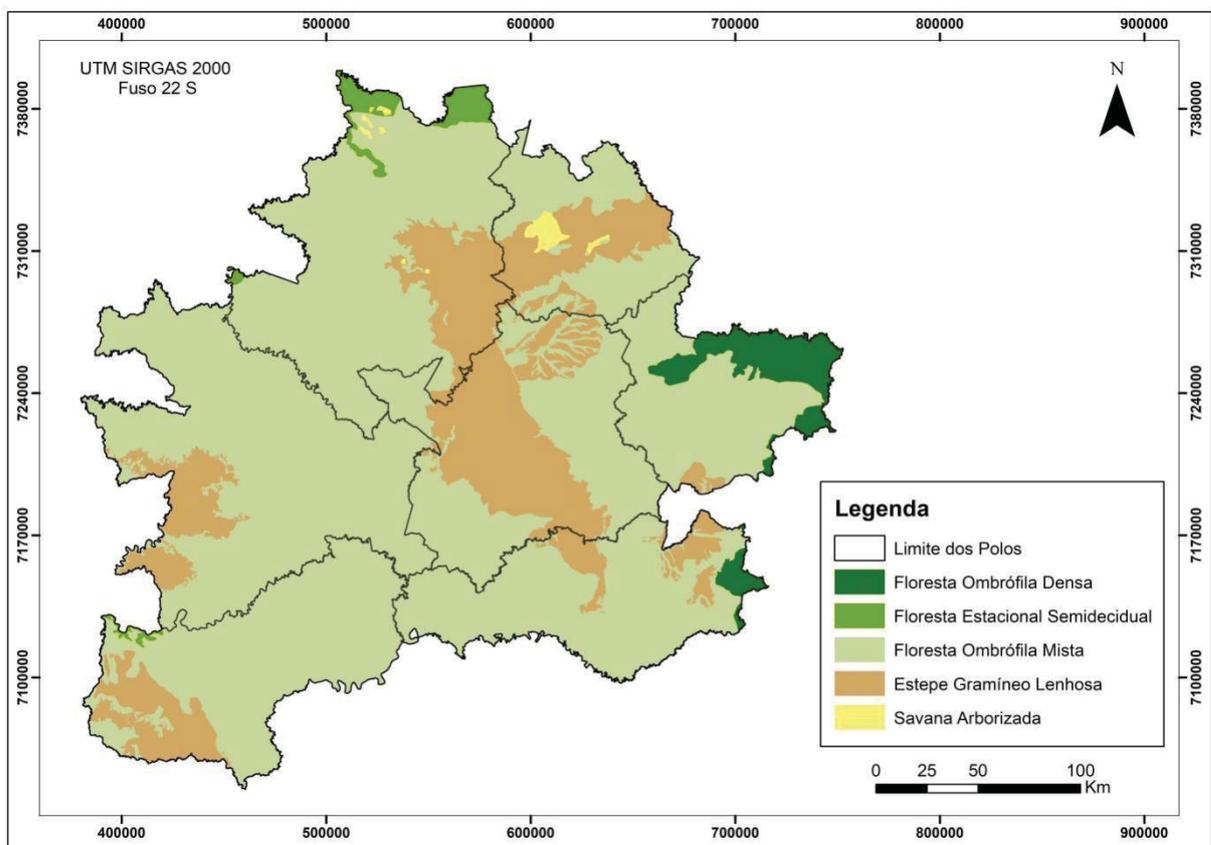
FONTE: MMA, adaptado pela autora (2023).

#### 4.1.2 Tipologia da área de estudo

O polo de Telêmaco Borba tem a presença de Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Mista, Estepe Gramíneo Lenhosa e Savana Arborizada. Sengés tem a vegetação do tipo Floresta Ombrófila Mista, Estepe Gramíneo Lenhosa e Savana Arborizada. O polo de Guarapuava tem Floresta Ombrófila Mista e Estepe Gramíneo Lenhosa. Em Ponta Grossa há a Floresta Ombrófila Mista e Estepe Gramíneo Lenhosa.

O polo de Vale do Ribeira tem vegetação do tipo Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e Estepe Gramíneo Lenhosa. General Carneiro tem Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual e Estepe Gramíneo Lenhosa. E o polo de Lapa tem vegetação do tipo Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e Estepe Gramíneo Lenhosa. Conforme apresentado no mapa com a localização e a classificação da vegetação (FIGURA 12).

FIGURA 12 - MAPA DAS FITOFISIONOMIAS DOS POLOS FLORESTAIS NO PARANÁ.



FONTE: IBGE, adaptado pela autora (2023).

## 4.2 VOLUME DE MADEIRA POR POLO FLORESTAL

O volume total de florestas plantadas foi de 173.963.086 ha, do qual 85,68% são de *Pinus* e 14,32% de *Eucalyptus*. Entre os plantios de *Pinus*, os polos de General Carneiro e de Telêmaco Borba foram os que apresentaram os maiores volumes, sendo 17,71% e 16,51% respectivamente. O polo de Lapa tem o menor volume de plantios de *Pinus* (12,05%) (TABELA 4).

Vale destacar que o polo de Telêmaco Borba apresentou a maior porcentagem de florestas plantadas de *Eucalyptus* (58,43%), seguido por Sengés (17,80%). Enquanto Lapa teve a menor porcentagem 2,10%, seguido por Vale do Ribeira (2,89%), General Carneiro (4,68%) e Ponta Grossa (4,70%) (TABELA 4).

O polo de Guarapuava tem o maior volume de madeira presente nas florestas nativas, contribuindo com 21,88% do volume total de florestas. Seguido por Telêmaco Borba e Ponta Grossa. O volume de madeira armazenado nesses três polos corresponde a 54,60% do volume total em florestas nativas na área estudada.

TABELA 4 - ESTOQUE DE VOLUME PARA *PINUS*, *EUCALYPTUS* E FLORESTAS NATIVAS POR POLO FLORESTAL NO PARANÁ.

Polo	Volume (m <sup>3</sup> )						Total
	<i>Pinus</i>	(%)	<i>Eucalyptus</i>	(%)	Nativas	(%)	
Telêmaco Borba	24.603.719	17	14.559.890	58	48.013.367	17	87.176.977
Sengés	22.272.999	15	4.435.885	18	17.588.487	6	44.297.372
General Carneiro	26.389.110	18	1.166.032	5	31.025.825	11	58.580.967
Vale do Ribeira	19.660.876	13	720.218	3	39.313.721	14	59.694.815
Guarapuava	18.777.618	13	2.340.199	9	60.405.796	22	81.523.613
Ponta Grossa	19.378.951	13	1.170.503	5	42.349.553	15	62.899.007
Lapa	17.962.924	12	524.161	2	37.439.736	14	55.926.821
Total	49.046.198	100	24.916.888	100	276.136.486	100	450.099.572

FONTE: APRE e IAT, adaptado pela autora (2023).

## 4.3 ESTOQUES DE BIOMASSA, CARBONO E DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE POR POLO FLORESTAL

No contexto geral as florestas nativas apresentaram maiores estoques de biomassa, de carbono e dióxido de carbono equivalente (TABELA 5, 6 e 7). Seguido

pelos plantios de *Pinus* e por último os plantios de *Eucalyptus*. Entre os polos estudados, Telêmaco Borba tem o maior valor de biomassa em florestas plantadas e plantios de *Eucalyptus*. Guarapuava tem o maior valor de biomassa estocado nas florestas nativas (TABELA 5).

TABELA 5 - ESTOQUE DE BIOMASSA PARA *PINUS*, *EUCALYPTUS* E FLORESTAS NATIVAS POR POLO FLORESTAL NO PARANÁ.

Polo	Biomassa (Mg)		
	<i>Pinus</i>	<i>Eucalyptus</i>	Nativas
Telêmaco Borba	21.091.157	10.116.283	63.852.829
Sengés	19.093.183	3.082.075	23.390.875
General Carneiro	22.621.656	810.164	41.261.149
Vale do Ribeira	16.853.981	500.411	52.283.196
Guarapuava	16.096.822	1.625.981	80.333.482
Ponta Grossa	16.612.305	813.271	56.320.540
Lapa	15.398.438	567.558	49.790.989
Total	127.767.543	17.515.743	367.233.059

FONTE: APRE e IAT, adaptado pela autora (2023).

Ao realizar o somatório do estoque de carbono nas diferentes coberturas florestais, encontramos um total de 239.717.988 Mg de carbono em total a área de estudo, desse total Telêmaco Borba e Guarapuava apresentam maior participação (19% e 19%). Sengés tem os menores estoques de carbono presente no somatório (9%). Os polos de Vale do Ribeira e Ponta Grossa têm valores aproximados de estoques de carbono total (14% e 14%), assim como os polos de General Carneiro e Lapa (13% e 13%) (TABELA 6).

TABELA 6 - ESTOQUES DE CARBONO PARA *PINUS*, *EUCALYPTUS* E FLORESTAS NATIVAS POR POLO FLORESTAL NO PARANÁ.

Polo	Carbono (Mg)		
	<i>Pinus</i>	<i>Eucalyptus</i>	Nativas
Telêmaco Borba	9.566.949	4.683.839	30.193.973
Sengés	8.660.668	1.427.001	11.060.801
General Carneiro	10.261.183	375.106	19.511.086
Vale do Ribeira	7.644.966	231.690	24.723.061
Guarapuava	7.301.518	752.829	37.987.150
Ponta Grossa	7.535.342	376.544	26.632.193
Lapa	6.984.732	262.779	23.544.576
Total	57.955.357	8.109.789	173.652.842

FONTE: APRE e IAT, adaptado pela autora (2023).

Os maiores estoques de carbono nas florestas plantadas estão concentrados nos polos de Telêmaco Borba, General Carneiro e Sengés (TABELAS 6). Os Polos de Guarapuava, Telêmaco Borba, Ponta Grossa e Vale do Ribeira têm os maiores estoques de carbonos presentes nas florestas nativas, representando aproximadamente 70% (TABELA 6).

Telêmaco Borba tem os maiores estoques de dióxido de carbono equivalente para *Pinus* e *Eucalyptus*, o segundo com maior estoque nas florestas plantadas é General Carneiro. Lapa tem o menor estoque para as florestas plantadas e para o gênero *Pinus* e Vale do Ribeira para *Eucalyptus*. Guarapuava tem o maior estoque de dióxido de carbono equivalente em florestas nativas, seguido por Telêmaco Borba e Sengés tem o menor estoque (TABELA 7).

TABELA 7 - ESTOQUES DE DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE PARA *PINUS*, *EUCALYPTUS* E FLORESTAS NATIVAS POR POLO FLORESTAL NO PARANÁ.

Polo	Dióxido de carbono equivalente (Mg)		
	<i>Pinus</i>	<i>Eucalyptus</i>	Nativas
Telêmaco Borba	35.078.812	17.174.076	110.711.236
Sengés	31.755.782	5.232.335	40.556.271
General Carneiro	37.624.338	1.375.389	71.540.649
Vale do Ribeira	28.031.541	849.531	90.651.225
Guarapuava	26.772.235	2.760.374	139.286.218
Ponta Grossa	27.629.586	1.380.663	97.651.375
Lapa	25.610.682	963.524	86.330.113
Total	212.502.977	29.735.893	636.727.087

FONTE: APRE e IAT, adaptado pela autora (2023).

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 ÁREA DOS POLOS FLORESTAIS, UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E TIPOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

O conhecimento das áreas de florestas plantadas por polo florestal é necessário para a tomada de decisões empresariais e governamentais, e para o planejamento de investimentos futuros no setor florestal (EISFELD et al., 2018). Assim, a presente pesquisa contribuiu para identificar a quantidade de florestas plantadas com *Pinus* e *Eucalyptus*, e nativas nos polos florestais do Paraná. A área de estudo deste trabalho tem 7.349.524 ha, o que corresponde a 37% da área total do Paraná. Desse valor aproximadamente 11% são de florestas plantadas de *Eucalyptus* e *Pinus* e 39% são de florestas nativas. Os resultados dessa pesquisa ajudam nos levantamentos e monitoramento florestal de florestas nativas e plantadas.

Entre as florestas plantadas o polo de Telêmaco Borba se destaca por ter a maior área, sendo dividido igualmente entre *Eucalyptus* e *Pinus*, totalizando 212.652 hectares com plantios desses gêneros, tendo a maior área de plantios de *Eucalyptus* do estado. Devido aos plantios presentes nesse polo, em 2019 teve-se o surgimento de mais de 4 mil novos empregos (APRE, 2020). Embora possua a maior área de produção do Estado, segundo a Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, o valor bruto da produção (VBP) das florestas é o segundo maior em comparação com os outros polos.

O segundo com a maior área de florestas plantadas é Sengés, com um total de 131.291 hectares, como principal finalidade a produção de celulose e papel. O polo de General Carneiro tem uma área de florestas plantadas de *Eucalyptus* e *Pinus* de 112.180 ha. As madeiras produzidas em Vale do Ribeira são destinadas para produção de madeira serrada, celulose e papel. Em Guarapuava tem-se 90.397 hectares de área plantada, sendo o terceiro maior produtor de *Eucalyptus* (TABELA 3). Ponta Grossa tem uma área de florestas plantadas de *Eucalyptus* e *Pinus* de 84.579 ha, sendo o polo com menor VBP. Em Lapa o gênero predominante nas florestas plantadas é o *Pinus*, a matéria prima produzida nessa região é destinada à serraria, laminação, celuloses, papel e energia (APRE, 2020).

O Estado do Paraná tem uma área total de florestas nativas de 5.819.950 hectares, do qual aproximadamente 49% estão presentes nos polos florestais estudados nesse trabalho. Um fato interessante observado foi que o polo de Telêmaco Borba tem a maior área de florestas plantadas, sendo o segundo com maior área de florestas nativas, mas só 12% das suas florestas nativas encontram-se dentro das Unidades de Conservação. Uma justificativa para esse fato, seja o cumprimento do Decreto 378/99 (PARANÁ, 1999), o qual instituiu o SISLEG e a obrigatoriedade da recuperação e proteção das Áreas de Reserva Legal e de Preservação Permanente nas áreas rurais do estado do Paraná (MACHADO et al., 2019).

Outra justificativa seria a diminuição do desmatamento do bioma Mata Atlântica (DOUBRAWA et al., 2014), criação das áreas prioritárias para conservação pelo Ministério do Meio Ambiente (Decreto de 5.092/2004) e a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (Lei nº 9.985/2000) (BRASIL, 2000). De acordo com a APRE (2020), as empresas e os produtores florestais presentes nos polos cumprem com o que é exigido pela legislação, mantendo a Reserva Legal, Áreas de Preservação Permanente e Reserva Particular do Patrimônio Natural, conservando os recursos ecológicos, hídricos e geológicos. Medidas essas criadas para barrar o desmatamento no estado.

No estudo realizado por Vieira e Mendonça (2021), foi avaliado o desmatamento da Mata Atlântica para o estado do Paraná entre o período de 2014 e 2019. Segundo os resultados encontrados, os municípios das mesorregiões Metropolitana de Curitiba, Sudeste e o Centro Sul do estado, foram as áreas que mais sofreram desmatamento nesse período. Também concluíram que as mesorregiões Oeste e Noroeste tiveram recuperação da área remanescente. Essas mesorregiões contêm o total 51 Unidades de Conservação Municipais (UCs), criadas com intuito de aumentar a proteção da natureza. Através disso, pode-se avaliar a importância de manutenção das florestas naturais e a necessidade do reflorestamento de ambientes degradados.

Aproximadamente 43% da área de florestas nativas se encontra dentro das Unidades de Conservação dos polos estudados. Santos et al., (2020) estudaram a importância das UCs para a preservação dos recursos naturais e concluíram que esses locais preservam e conservam a biodiversidade, porém precisam de regulamentos mais rígidos. Na pesquisa feita por Oliveira et al. (2019), foi avaliado a

distribuição e a importância das Unidades de Conservação na Caatinga, eles apontam a necessidade de criação de mais unidades, não só para esse Bioma, mas para todas as florestas nativas.

No mapa de floresta nativa foi visualizada uma faixa e alguns pontos com pouca floresta, isso é devido a cobertura vegetal original dessas áreas ser classificadas como Estepe. Conforme IBGE (2012), essa tipologia apresenta a característica do território ser destituído de vegetação, arbórea ou não, muitas vezes sendo desertas em relação ao uso. Atualmente, uma parte dessas áreas tem plantios florestais (FIGURA 9). Os polos de Vale do Ribeiro e Lapa têm a presença da Floresta Ombrófila Densa na região Leste, explicando a maior concentração de floresta nativa nessas regiões. Essa tipologia tem como característica alta diversidade por unidade de área, com competição por luz solar, plantas perenifólias, tendo espécies arbóreas com grandes diâmetros a altura do peito (IEPA, 2008; MENEZES et al., 2010).

## 5.2 VOLUME DE MADEIRA POR POLO FLORESTAL

As projeções dos estoques de madeira nas florestas contribuem para as negociações de compra e venda, avaliação de investimentos e análises econômicas (BETTINGER et al., 2016). O volume de madeira total presente nas florestas plantadas encontrado foi de 173.963.086 Mg, sendo 86% do gênero *Pinus* e 14% de *Eucalyptus*. Segundo a publicação realizada pelo Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IAPAR-EMATER, o Paraná consome anualmente 51 milhões de m<sup>3</sup> de madeira, isso significa que se não forem implantados novos plantios florestais, em cerca de quatro anos o Estado irá precisar adquirir matéria-prima de outras regiões para abastecer o mercado. No estudo realizado por Ribeiro et al. (2019), que avaliou: Usos, importância econômica e perspectivas de mercado, concluíram que as florestas plantadas são extremamente importantes para abastecer o mercado consumidor, com perspectivas que aumentem a demanda por produtos florestais.

O setor florestal do Paraná obteve um Valor Bruto de Produção de R\$ 4,4 bilhões em 2019. De acordo com o relatório da APRE (2020) o polo que teve o maior valor de VBP foi General Carneiro, seguido por Telêmaco Borba. O polo de Sengés apresentou um crescimento na produção de madeira de 2018 para 2019 de 5,3%, tendo um valor bruto da produção de R\$ 109 milhões (SEAB). Guarapuava é o

terceiro maior produtor de *Eucalyptus*, com VBP de aproximadamente R\$ 405 milhões. Ponta Grossa tem o menor VBP, cerca de R\$ 198 milhões. E Lapa teve R\$ 323 milhões de VBP, com produção de matéria prima destinada à serraria, laminação, celuloses, papel e energia (APRE, 2020), valores esses que mostram a relevância do setor florestal para a economia do país.

A Forest2Market do Brasil em 2019 realizou vários estudos analisando o mercado florestal, pelo ponto de vista tanto do consumidor como do produtor. O gênero mais estudado foi o *Pinus*, sendo observado o crescimento na demanda por produtos florestais oriundo dessa cultura, o que ocasionou o aumento nos valores das toras em todas as classes diamétricas. Com previsão de que em 2020 essa demanda aumente, algumas empresas florestais introduziram mais matéria-prima do gênero *Eucalyptus* nas suas produções.

De acordo com o estudo realizado por Corradi et al. (2021), que avaliou a oferta e demanda de madeira para energia térmica na região oeste paranaense, observou um déficit de madeira na região para produção de energia, sendo necessário obter a matéria prima de outras regiões para suprir a demanda. Porém, eles recomendam a implantação de plantios florestais, tanto dessa região como no restante do estado, com intuito de diminuir as incertezas nas planilhas de custos futuros.

### 5.3 ESTOQUES DE BIOMASSA, CARBONO E DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE POR POLO FLORESTAL

Como pode ser observado nesse estudo, embora a maior área com florestas plantadas de *Pinus* esteja em Telêmaco Borba, foi o polo de General Carneiro que teve o maior estoque de volume, biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente para esse gênero, isso é devido ao manejo entre eles ter sido diferente por conta da finalidade da matéria prima. A madeira produzida nessa área atende as indústrias de lâminas e compensados, portas e esquadrias, produtos finais mais caros, o que justifica ele ter o maior valor de VBP (APRE, 2020).

O estoque de biomassa total das florestas plantadas é de 276.813.740 Mg, contribuindo para que a biomassa seja um grande potencial para completar a matriz energética nacional. Conforme o balanço energético nacional (ano base 2020), realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o consumo de lenha foi de

57.171.000 Mg, divididos em consumo residencial, comercial, público, agropecuário, ferroviário, hidroviário, cimento, mineração e pelletização, ferro-ligas e outros da metalurgia, química, alimentos e bebidas, têxtil, papel e celulose, cerâmica e outros.

Sendo assim, pode-se observar que a biomassa total encontrada nessa pesquisa abasteceria o mercado consumidor por aproximadamente 5 anos, considerando que a produção fosse somente para essa finalidade e desconsiderando a produção de outras regiões, mostrando assim a necessidade de quantificar os estoques de biomassa, com intuito de acompanhar o fluxo de oferta e demanda, para evitar futuros déficits no abastecimento de matéria-prima.

Além disso, a biomassa florestal é uma alternativa para diminuir a dependência de combustíveis fósseis, sendo segura (por ser renovável), econômica (tem baixo custo) e ambientalmente viável (contribui para redução dos gases do efeito estufa e gera poucos poluentes) (LOPES; BRITO; MOURA, 2016). A qual é considerada uma fonte de energia com maior potencial de crescimento para o futuro (SILVA et al., 2020) causando um impacto positivo na economia (COELHO JUNIOR et al., 2020).

Segundo o trabalho realizado por Romijn et al. (2016) a quantificação dos estoques de biomassa presentes nas florestas nativas são importantes para monitorar a cobertura florestal, tornando-se um parâmetro para futuros trabalhos identificarem a perda ou ganho de floresta no decorrer dos anos e para indicar até que ponto as metas estabelecidas para mitigar as mudanças climáticas estão sendo implementadas e cumpridas. Dados esses que ajudam na criação de projetos e na tomada de decisões pelo governo, instituições públicas e privadas (HEROLD et al., 2019).

Conforme a divulgação realizada pelo Instituto Água e Terra (IAT), em 2020 o Paraná reduziu cerca de 39 mil Mg das emissões de carbono, equivalente ao sequestro anual de carbono realizado por 7.500 hectares de floresta. Desse modo, podemos observar a relevância desse estudo, no qual foi encontrado o valor de carbono total para florestas plantadas de 66.065.146 Mg e nas florestas nativas de 173.652.842 Mg. Isso mostra a importância de aumentar os plantios florestais e de conservar as florestas nativas já existentes (GUEDES PINTO; VOIVODIC, 2021), para que assim o Estado possa diminuir a cada ano as emissões desse gás.

Os valores encontrados mostram e apontam a importância das florestas plantadas e das florestas nativas para o sequestro e armazenamento de carbono,

contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Outros estudos também observaram a necessidade de quantificar esse gás presente nos ambientes florestais (ALMEIDA; ROCHA, 2021).

Relacionando o valor de CO<sub>2</sub> emitido em 2020 no Paraná (SEEG, 2020), com os valores de dióxido de carbono equivalente estocado nas florestas nativas (Tabela 7), pode ser observado que o desmatamento de qualquer um dos polos resultará em um impacto muito alto para o meio ambiente. O polo de Sengés tem menor volume de dióxido de carbono armazenado em florestas nativas, com o seu desmatamento o impacto será alto, pois o valor armazenado nessa região é aproximadamente o mesmo valor de CO<sub>2</sub> emitido pelo Estado inteiro no ano de 2020. Desse modo podemos avaliar que o desmatamento, além de comprometer a biodiversidade, iria contribuir de modo negativo para o acúmulo de CO<sub>2</sub> na atmosfera (JOLY, 2007; SOARES, 2019; ARTAXO, 2020; RODRIGUES et al., 2021).

O Paraná é um dos principais produtores de florestas plantadas, tendo como destaque os plantios de *Pinus*, o qual é maior que a área de plantios florestais de muitos países, como por exemplo Bolívia, México e Canadá (INDUFOR, 2012). Porém, apesar disso existem lacunas em determinadas informações que ajudariam na organização do setor florestal, algumas sendo preenchidas nesse estudo. De modo geral, os resultados dessa pesquisa mostram a importância da quantificação dos estoques de volume, biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente presentes nas florestas plantadas e florestas nativas.

## 6 CONCLUSÃO

O presente estudo buscou avaliar o potencial dos polos florestais paranaenses para produção de matéria-prima e para mitigação das mudanças climáticas. Os resultados indicam que Telêmaco Borba tem o maior estoque de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente armazenado nas florestas plantadas e nos plantios de *Pinus*, em comparação com os outros polos. General Carneiro tem os maiores estoques nos plantios de *Eucalyptus*. As florestas nativas estão mais concentradas em Guarapuava, enquanto o polo de Sengés tem o menor estoque de nativas.

O gênero *Eucalyptus* spp. tem a área total de 174.427 ha, *Pinus* spp. tem a área total de 624.670 ha e a área de florestas nativas é 2.846.768 ha. O volume médio encontrado no software Siseucalipto foi de 142,85 m<sup>3</sup>/ha e no software Sispinus o volume médio sem desbaste foi de 222,2 m<sup>3</sup>/ha e com desbaste de 253,7 m<sup>3</sup>/ha.

Nos plantios de *Eucalyptus* o valor encontrado para o volume total foi de 24.916.888 Mg, para biomassa total de 17.515.743 Mg, para carbono total de 8.109.789 Mg e para dióxido de carbono equivalente total de 29.735.893 Mg. Já para o gênero *Pinus* o volume total obtido foi de 149.046.198 Mg, com biomassa total de 127.767.543 Mg, para carbono total foi 57.955.357 Mg e para dióxido de carbono equivalente foi de 212.502.977 Mg.

Nas florestas nativas por meio da extrapolação foi obtido o valor de 276.136.486 Mg de volume total, 367.233.059 Mg de biomassa total, para o carbono total foi de 173.652.842 Mg e para o dióxido de carbono equivalente foi de 636.727.087 Mg.

Ao avaliar o potencial das florestas plantadas, observamos sua contribuição para a economia do país por meio do VBP, por suprir a demanda por matéria-prima e pela criação de novas vagas de emprego. Também é uma alternativa para diminuir a pressão sobre as florestas nativas por matéria prima, contribuindo para a remoção do dióxido de carbono presente na atmosfera.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo desconsiderou os diferentes sítios, idades, fitofisionomias e espécies dentro da área de estudo, utilizando valores médios recomendados na literatura para as estimativas feitas para os plantios de *Eucalyptus* e *Pinus*, e para as florestas nativas da Mata Atlântica. Recomenda-se a realização de um levantamento mais detalhado, considerando as diferentes espécies, fitofisionomias e idades. Também se recomenda que os futuros trabalhos realizem o levantamento para todo o estado.

## REFERÊNCIAS

ACORDO DE PARIS. Disponível em: [https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo\\_paris.pdf](https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf) . Acesso em: 07 out. 2022.

AGUIAR, M. C.; ÂNGELO, H. O mercado voluntário de carbono florestal: revisão integrativa. **Prospectus**, v. 2, n. 2, 2020.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, D. S. et al. A Importância das Medidas de Mitigação e Adaptação Frente às Mudanças Climáticas na Agropecuária Brasileira The Importance of Mitigation and Adaptation Measures to Climate Change in Brazilian Agriculture. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 11, p. 108413-108425, 2021.

APRE 2020. Estudo Setorial APRE 2020. Disponível em: <https://apreflorestas.com.br/publicacoes/estudo-setorial-apre-2020-2/>. Acesso em: 20 nov. 2021.

APRE 2022. Estudo Setorial APRE 2022. Disponível em: <https://apreflorestas.com.br/publicacoes/estudo-setorial-apre-2022/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 34, p. 53-66, 2020.

ASSAD, E. D. et al. Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados. **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília: Embrapa**, p. 153-167, 2019.

ATAMANCZUK, M. J.; PRATES, R. C. Externalidade Florestal: Caracterizações e Soluções Provenientes das Legislações Florestais Brasileiras e dos Acordos Internacionais sobre Meio Ambiente. **Desenvolvimento em Questão**, v. 19, n. 54, p. 143-163, 2021.

ATTIA, A. et al. Modelling carbon and water balance of Eucalyptus plantations at regional scale: Effect of climate, soil and genotypes. **Forest Ecology and Management**, v. 449, p. 117460, 2019.

BADALAMENTI, E. et al. The ongoing naturalisation of Eucalyptus spp. in the Mediterranean Basin: new threats to native species and habitats. **Australian Forestry**, v. 81, n. 4, p. 239-249, 2018.

BARBADO, N.; LEAL, A. C. Cooperação global sobre mudanças climáticas e a implementação do ODS 6 no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e29110313290-e29110313290, 2021.

BARBOSA, R. et al. Produção e sequestro de carbono na atmosfera. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, 2013.

BARROS, G. M. P.; OLIVEIRA, U. R. ANÁLISE DA EMISSÃO DE GÁS CARBONICO NO TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE CALCARIO ENTRE BARRA MANSA E ARCOS. **Revista Valore**, v. 7, p. 7018, 2022.

BETTINGER, P. et al. **Forest management and planning**. Academic press, 2016.

BOBIS, O. et al. Eucalyptus honey: Quality parameters, chemical composition and health-promoting properties. **Food chemistry**, v. 325, p. 126870, 2020.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

CACHOLA, C. S. et al. O papel das políticas públicas na redução das emissões veiculares de gases de efeito estufa no estado de São Paulo. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 59, 2022.

CALVIÑO-CANCELA, M.; LORENZO, P.; GONZÁLEZ, L. Fire increases Eucalyptus globulus seedling recruitment in forested habitats: Effects of litter, shade and burnt soil on seedling emergence and survival. **Forest Ecology and Management**, v. 409, p. 826-834, 2018.

CANALE, G. R. et al. Pervasive defaunation of forest remnants in a tropical biodiversity hotspot. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041671>. Acesso em: 24 set. 2022.

CARVALHO, J. L. N. et al. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 277-290, 2010.

CHAVES, J. S. et al. Produção de biomassa vegetal de *Gliricídia sepium* em sistema consorciado com fruteiras. **Conjecturas**, v. 22, n. 16, p. 287-298, 2022.

CERQUEIRA NETO, S. P. G. Três décadas de eucalipto no extremo sul da Bahia. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 16, n. 2, p. 55-68, 2012.

COELHO JUNIOR L. M. et al. O desenvolvimento brasileiro das florestas de rápido crescimento com fins energéticos. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.5, p. 28111-28125, 2020.

CORDEIRO, N. et al. Variação temporal do estoque de carbono e volume de madeira em um fragmento de cerrado sensu stricto. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 28, 2018.

CORRADI, G. M. et al. Oferta e demanda de madeira para energia térmica na região oeste paranaense; fase I: municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina. 2021.

CORTE, A. P. D. et al. Forest inventory with high-density UAV-Lidar: machine learning approaches for predicting individual tree attributes. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 179, p. 1-14, 2020.

COSTA, L. B. et al. Deep semantic segmentation for detecting Eucalyptus planted forests in the Brazilian territory using sentinel-2 imagery. **Geocarto International**, v. 37, n. 22, p. 6538-6550, 2022.

DI MARCO, M. et al. Wilderness areas halve the extinction risk of terrestrial biodiversity. **Nature**, v. 573, n. 7775, p. 582-585, 2019.

DOLÁCIO, C. J. F. et al. Modelagem do carbono estocado no tronco de árvores de Eucalyptus com modelos lineares e rede neural artificial. **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 2, p. 691-697, 2019.

DOUBRAWA, B. et al. CO2 removal associated to the dynamics of land cover in the Iguassu River watershed, Brazil, during 2000-2010. **Interciencia**, v. 39, n. 8, p. 562-569, 2014.

DUARTE, W. J. B. TRATADOS E CONFERÊNCIAS CLIMÁTICAS: UMA CRONOLOGIA GERAL E DA PARTICIPAÇÃO DO BRASIL. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 8, p. 110-132, 2022.

EBRAHIMI, E. et al. Assessing the climate change effects on the distribution pattern of the Azerbaijan Mountain Newt (*Neurergus crocatus*). **Ecological Complexity**, v. 50, p. 100997, 2022.

EISFELD, R. L. et al. É economicamente viável o plantio de araucária? Uma análise entre a espécie e seu principal substituto, o pinus. 2020.

ELY, L. V. et al. Avaliação de diferentes dosagens de fertilizantes de liberação lenta no crescimento inicial de clones de *Pinus taeda*. 2021.

EMBRAPA 2019. Florestas: produção, conservação e inovação. Disponível em: <https://www.embrapa.br/portfolio/florestal>. Acesso em: 20 jul. 2022.

FAO 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FRA2015 Brazil, Country Report. Rome: FAO, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-az172e.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2022.

FAO 2015. *Avaliação Global de Recursos Florestais 2015 - Como as florestas do mundo estão mudando?*, ( 2ª edição ). Roma, Itália: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura.

FAO 2016. THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE – CLIMATE CHANGE, AGRICULTURE AND FOOD SECURITY. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i6030e/i6030e.pdf> . Acesso em: 06 set. 2022

FAO 2018. The State of the World's Forests 2018 - Forest pathways to sustainable development. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

FARIAS, J. A. et al. Demanda de madeira para serrarias e potencial de Investimento Florestal Na Bacia Hidrográfica Do Rio Pardo, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 1604-1614, 2018.

FATTOYINBO, T. et al. Estimating mangrove aboveground biomass from airborne LiDAR data: a case study from the Zambezi River delta. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 2, p. 025012, 2018.

FERREIRA, A. F.; CASTRO, C. A. P.; ARAGÃO, J. E. S. MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO NO BRASIL. **Revista de Direito da Unigranrio**, v. 10, n. 2, 2020.

Forest2Market. Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.forest2market.com/blog/br/qual-sera-o-tamanho-da-area-de-florestas-plantadas-no-brasil-em-2030>. Acesso em: 02 jan. 2023.

FONSECA, Fúlvio Eduardo. Introdução—A primeira fase do pós-Guerra Fria: Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, Protocolo de Quioto, início do regime do clima. 2008. Disponível em: <https://www.fAAP.br/conosureneri/pdf/cetag4.pdf> . Acesso em: 20 nov. 2022.

FRANK, D. et al. Effects of climate extremes on the terrestrial carbon cycle: concepts, processes and potential future impacts. **Global change biology**, v. 21, n. 8, p. 2861-2880, 2015.

FREIRE, C. F.; PAMPLIN, P. A. Z. A rede urbana nos biomas brasileiros e o papel das florestas urbanas como mitigação das mudanças climáticas. **Tópicos Atuais em Desenvolvimento Regional e Urbano**, v. 1, n. 1, p. 77-93, 2022.

GARDNER, T. A. et al. A multi-region assessment of tropical forest biodiversity in a human-modified world. **Biological Conservation**, v. 143, n. 10, p. 2293-2300, 2010.

GHASEMIAN, A. et al. Eucalyptus camaldulensis properties for use in the eradication of infections. **Comparative immunology, microbiology and infectious diseases**, v. 65, p. 234-237, 2019.

GODINHO, T. de O. et al. Programa de expansão do plantio de pinus para produção de goma-resina e madeira no Espírito Santo. 2018.

GUEDES PINTO, L. F.; VOIVODIC, M. Reverse the tipping point of the Atlantic Forest for mitigation. **Nature Climate Change**, v. 11, n. 5, p. 364-365, 2021.

HEROLD, M. et al. The role and need for space-based forest biomass-related measurements in environmental management and policy. **Surveys in Geophysics**, v. 40, p. 757-778, 2019.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. Relatório Anual 2020. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. Relatório Anual 2019. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em 28 de out. 2022.

IBGE – Cidades e Estados 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/floresta.html> .

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PEVS - Produção da Extração Vegetal e Silvicultura. Rio de Janeiro: Diretoria de Pesquisas, IBGE, 2020.

IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. 2 ed. Rio de Janeiro, 2012.

IBGE. Relatório Técnico – 1992. Disponível em:

[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/211/dt\\_suege\\_rel\\_1992.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/211/dt_suege_rel_1992.pdf) .

INDUFOR. Strategic review on the future on the future of forest plantations in the world. Report for the Forest Stewardship Council, Bonn, Germany. 2012.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA - ITÁ. Com recorde de participação, Selo Clima Paraná aponta redução na emissão de carbono em 2020. Disponível em:

<https://www.iat.pr.gov.br/Noticia/Com-recorde-de-participacao-Selo-Clima-Parana-aponta-reducao-na-emissao-de-carbono-em-2020>. Acesso em: 18 jan. 2023.

Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR-EMATER. Cultivos Florestais. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Cultivos-Florestais>. Acesso em: 05 fev. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DO ESTADO DO AMAPÁ (IEPA). Macrodiagnóstico do estado do Amapá, primeira aproximação do ZEE. 3. ed. Revisada e Ampliada, Macapá-AP, 139 p. 2008

IPCC. *Um Relatório Especial do IPCC sobre Mudanças Climáticas, Desertificação, Degradação da Terra, Gestão Sustentável da Terra, Segurança Alimentar e Fluxos de Gases do Efeito Estufa nos Ecossistemas Terrestres (SRCCL)* (Organização Meteorológica Mundial, 2019). 2019.

IPCC. Impacto das mudanças climáticas: 6 descobertas do relatório do IPCC de 2022 sobre adaptação. 2022. Disponível em:

[https://www.wribrasil.org.br/noticias/impacto-das-mudancas-climaticas-6-descobertas-do-relatorio-doipccde2022sobreadaptacao?gclid=EAlaIQobChMI0Y\\_NquDEwIVDDGRCh2QUgsrEAAYAyAAEgJNm\\_D\\_BwE](https://www.wribrasil.org.br/noticias/impacto-das-mudancas-climaticas-6-descobertas-do-relatorio-doipccde2022sobreadaptacao?gclid=EAlaIQobChMI0Y_NquDEwIVDDGRCh2QUgsrEAAYAyAAEgJNm_D_BwE). Acesso em: 14 fev. 2023.

JOLY, C. A. Biodiversidade e mudanças climáticas: contexto evolutivo, histórico e político. **Ambiente & Sociedade**, v. 10, p. 169-172, 2007.

KELMAN, J. et al. As hidrelétricas e o efeito estufa. **Revista Brasil Energia, edição**, v. 334, 2008.

KLEIN, H. S.; LUNA, F. V. **Alimentando o mundo: o surgimento da moderna economia agrícola no Brasil**. Editora FGV, 2020.

KRONKA F.J.; BERTOLANI F.; HERRERA PONCE R. **A cultura do *Pinus* no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005.

LEJEUNE, Philippe; DUPUIS, Chloé. QGIS 3.22. 10-Tutoriels. 2022.

LE MOS, A. L. F.; VITAL, M. H. F.; PINTO, M. A. C. As florestas e o painel de mudanças climáticas da ONU. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 32, p. 153-192, set. 2010.

LIMA, J. B. A. et al. Crise climática e audiovisual: representações da realidade na ficção. 2021.

LOPES, G. A.; BRITO, J. O.; MOURA, L. F. Uso energético de resíduos madeiros na produção de cerâmicas no estado de São Paulo. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 679-686, 2016.

LOURENÇO, L.; VIEIRA, A. **Catástrofes naturais: uma abordagem global**. Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2020.

MACHADO, A. et al. Dinâmica do volume, biomassa e carbono na Mata Atlântica por ferramenta de detecção de mudanças. **Nativa**, v. 7, n. 4, p. 437-444, 2019.

MACOHON, E. R. et al. ANÁLISE ECONÔMICA DE PLANTIOS DE *PINUS ELLIOTTII*. **REOC-Revista de Estudos em Organizações e Controladoria**, v. 1, n. 1, p. 122-135, 2021.

MAI, J. S. et al. AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS DECORRENTES DO AQUECIMENTO GLOBAL. **Mostra Interativa da Produção Estudantil em Educação Científica e Tecnológica**, 2017.

MARTIN, A. R.; THOMAS, S. C. A reassessment of carbon content in tropical trees. **PloS one**, v. 6, n. 8, p. e23533, 2011.

MARTINE, G.; ALVES, J. E. D. Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade?. **Revista brasileira de estudos de população**, v. 32, p. 433-460, 2015.

MARTINS, A. P. M. et al. COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DE CARBONO EM BRACATINGA (*Mimosa scabrella* Benth.). **BIOFIX Scientific Journal**, v. 2, n. 1, p. 16-21, 2017.

MASCARENHAS, A. R. P. et al. Characterization of wood from *Schizolobium parahybar. amazonicum* Huber× *Ducke* trees from a multi-stratified agroforestry system established in the Amazon rainforest. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 3, p. 475-486, 2021.

MATOS, Fábio Santos. **Folha seca: introdução à fisiologia vegetal**. Editora Appris, 2020.

MELLO, A. A. et al. Estimativas de biomassa e carbono em área de Mata Atlântica, implantada por meio de reflorestamento misto. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 1, p. 130-134, 2019.

MELQUÍADES, T. F. et al. Pegada de carbono associada ao processo de pasteurização de sorvetes. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 609-629, 2019.

MENEZES, C. M. et al. Caracterização Florística–Fitossociológica de Fragmentos de Floresta Ombrófila Densa da Microbacia do Rio dos Cágados, Ituberá, Bahia. **Revista AGIR de Ambiente e Sustentabilidades, Ibirapitanga-BA**, v. 2, n. 1, p. 12-26, 2010.

MOREIRA, J. M. M. Á. P.; SIMIONI, F. J.; DE OLIVEIRA, E. B. Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro. **Floresta**, v. 47, n. 1, p. 85-94, 2017.

MORO, L. et al. Exportação de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* L. baseada em volume estimado pelo sistema SISPINUS. **Floresta**, v. 38, n. 3, 2008.

NASCIMENTO, A. F. et al. Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa de floresta secundária na transição Amazônia-Cerrado. 2021.

NASCIMENTO, K. A. O. et al. Diagnóstico do planejamento de pequenos e médios produtores de *Pinus taeda* dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 1, p. 01-06, 2019.

OLIVEIRA, A. H. et al. Water erosion in soils under eucalyptus forest as affected by development stages and management systems. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, p. 159-169, 2013.

OLIVEIRA, C. D. L. et al. Distribuição e Importância das Unidades de Conservação no Domínio Caatinga. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 425-429, 2019.

OLIVEIRA, E. B. SisEucalipto e SisILPF\_Eucalipto: softwares para manejo de precisão de espécies de eucalipto em monocultivo e sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). 2021.

OLIVEIRA, Edilson Batista. Série" Plus" de novos softwares da Embrapa para simulação simultânea de múltiplos regimes de manejo de florestas plantadas. 2018.

OLIVEIRA, X. M.; MAYRINCK, R. C. Equações volumétricas mistas para árvores de *Pinus taeda* em diferentes espaçamentos, no Paraná. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 6, 2021.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Acordo de Paris sobre o Clima. Paris: ONU, 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/3l6rNJR>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

PARANÁ, Decreto 387/99 - Decreto de criação do SISLEG – 03.03.1999. Diário Oficial em 03/03/1999

PENÍN, L. et al. Technologies for Eucalyptus wood processing in the scope of biorefineries: A comprehensive review. *Bioresource Technology*, v. 311, n. April, p. 123528, 2020.

PEREIRA, C. M.; CUTRIM, E. N.; MATOS, R. R. ASSEMBLEIA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **UFRGS MUNDI**, v. 6, p. 58, 2018.

PEREIRA JUNIOR, J. L. et al. Estoque de carbono na biomassa de plantas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em área de recuperação florestal. **Conjecturas**, v. 22, n. 5, p. 768-779, 2022.

PEROSA, B. B. et al. Emissões de gases do efeito estufa pela agricultura de baixa emissão de carbono. 2020.

PINHEIRO, R. S. B. et al. Mudanças climáticas: o efeito estufa e a produção agrícola. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 7, n. 9, 2014.

POORTER, L. et al. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. **Nature**, v. 530, n. 7589, p. 211-214, 2016.

PORTELA, M. G. T. et al. Biomassa vegetal e estoques de carbono no Delta do Rio Parnaíba, NE do Brasil. **Ecologia e Manejo de Zonas Úmidas**, v. 28, n. 4, pág. 607-622, 2020.

POYER, F. R. et al. Crédito de Carbono: panorama das publicações no Brasil para os últimos dez anos (2009 a 2019). **Anais do VIII Simpósio da Ciência do Agronegócio**, 2020.

RAMOS, W. F. et al. Geração de resíduos madeireiros do setor de base florestal na região metropolitana de Belém, Pará. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 1823-1830, 2018.

RAWORTH, Kate. **Economia donut: uma alternativa ao crescimento a qualquer custo**. Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2019.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; OLIVEIRA, E. B. Usos, importância econômica e perspectivas de mercado. 2019.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot. **Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas**, p. 405-434, 2011.

RODRIGUES, I. V. S. et al. Amazônia e Pantanal: mesa-redonda online na socialização do conhecimento para a conservação da biodiversidade. **Textura**, v. 15, n. 2, p. 1-13, 2021.

ROMIJN, E. et al. Monitoring progress towards sustainable development goals the role of land monitoring. 2016. Disponível em: [http://www.gofcgold.wur.nl/documents/newsletter/Sustainable\\_Development\\_Goals-infobrief.pdf](http://www.gofcgold.wur.nl/documents/newsletter/Sustainable_Development_Goals-infobrief.pdf). Acesso em: 23 out. 2022.

ROQUETTE, J. G. Distribuição da biomassa no cerrado e a sua importância na armazenagem do carbono. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 1350-1363, 2018.

SABO, V. A.; KNEZEVIC, P. Antimicrobial activity of Eucalyptus camaldulensis Dehn. plant extracts and essential oils: A review. **Industrial crops and products**, v. 132, p. 413-429, 2019.

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R. Métodos de determinação de biomassa florestal. **As florestas eo carbono**, p. 119-140, 2002.

SANQUETTA, C. R. et al. Dinâmica em superfície, volume, biomassa e carbono nas florestas nativas brasileiras: 1990-2015. **Biofix Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p. 193-198, 2018b.

SANQUETTA, C. R. et al. Dinâmica em superfície, volume, biomassa e carbono nas florestas plantadas brasileiras: 1990-2016. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p. 152-160, 2018a.

SANQUETTA, C. R. et al. Métodos de quantificação do estoque de carbono na biomassa de Nectandra grandiflora Nees em remanescente de Floresta Ombrófila Mista. **Acta Iguazu**, v. 8, n. 1, p. 41-49, 2019.

SANQUETTA, C. R. Metodologia básica de determinação de carbono pela biomassa: atividades e ferramentas. Sistema Integrado de Gestão Ambiental do Estado de São Paulo, SP: **UFPR**, 2004. Disponível em: [http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/2004\\_Florestas%20Nativas%20e%20Fixacao%20de%20Carbono/2004\\_4\\_SeqCarbono\\_Sanquetta.pdf](http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/2004_Florestas%20Nativas%20e%20Fixacao%20de%20Carbono/2004_4_SeqCarbono_Sanquetta.pdf). Acesso em: 12 mar. 2022

SANTANA, P. C.; PAGANI, C. H. P.; MASCARENHAS, A. R. P. Avaliação Multitemporal da Cobertura do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Mororó em Jarú, Rondônia. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 2, p. 289-297, 2020.

SANTAROSA, Emiliano et al. Transferência de tecnologia para o sistema de produção de eucalipto. 2021.

SANTOS, J. O. et al. Os impactos produzidos pelas mudanças climáticas. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 9, n. 1, p. 09-16, 2013.

SANTOS, P. R. et al. Breve análise da importância dos órgãos executores da política ambiental brasileira frente aos agravos ambientais em unidades de conservação. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 15, p. 211-223, 2020.

Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br>. Acesso em: 20 dez. 2022.

SEEG. Análise das emissões brasileiras de GASES DE EFEITO ESTUFA e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970-2019. 2020, Disponível em: [https://seegbr.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG\\_8/SEEG8\\_DO\\_C\\_ANALITICO\\_SINTESE\\_1990-2019.pdf](https://seegbr.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DO_C_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf). Acesso em: 29 out. 2022.

SEEG. Análise das emissões brasileiras de GASES DE EFEITO ESTUFA e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970-2020. 2021, Disponível em: [https://seegbr.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG\\_9/OC\\_03\\_relatorio\\_2021\\_FINAL.pdf](https://seegbr.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_9/OC_03_relatorio_2021_FINAL.pdf) . Acesso em: 30 out. 2022.

SEEG. Emissões do Brasil têm maior alta em 19 anos. Disponível em: <https://seeg.eco.br/imprensa>. Acesso em: 03 nov. 2020.

SILVA, C. A. et al. Estoque de carbono na biomassa aérea florestal em plantações comerciais de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 105, p. 135-146, 2015.

SILVA, H. F. et al. Estimativa do estoque de carbono por métodos indiretos em área de restauração florestal em Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 108, p. 943-953, 2015.

SILVA, M. R. V. et al. Energia eólica, solar e de biomassa: uso, perspectiva e desafios. *Biodiversidade*, 19(4): 137, 2020.

SILVA, S. A. et al. Avaliação de interpoladores estatísticos e determinísticos na estimativa de atributos do solo em agricultura de precisão. **Idesia (Arica)**, v. 26, n. 2, p. 75-81, 2008.

SILVESTRE, R. et al. Equações volumétricas em povoamentos de *Pinus taeda* L. no município de Lages-SC. **Nativa**, v. 2, n. 1, p. 1-5, 2014.

SIMBERLOFF, D. et al. Spread and impact of introduced conifers in South America: lessons from other southern hemisphere regions. **Austral Ecology**, v. 35, n. 5, p. 489-504, 2010.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2012. 272p.

SOARES, T. O. et al. IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO DESMATAMENTO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 9, n. 2, 2019.

SOS Mata Atlântica, 2021. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/causas/mata-atlantica/>. Acesso em: 21 jan. 2023.

SOS Mata Atlântica. **RELATÓRIO ANUAL 2021**. 2021. Disponível em: [https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2022/07/Relatorio\\_21\\_julho.pdf](https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2022/07/Relatorio_21_julho.pdf).

- SOUSA, M. D. A. et al. QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO EM ÁREAS SOB MANEJO SUSTENTÁVEL NO ESTADO DO ACRE. **ENGENHARIA FLORESTAL: DESAFIOS, LIMITES E POTENCIALIDADE**, v. 1, n. 1, p. 720-730, 2020
- SOUZA, M. C. O.; CORAZZA, R. I. Do Protocolo Kyoto ao Acordo de Paris: uma análise das mudanças no regime climático global a partir do estudo da evolução de perfis de emissões de gases de efeito estufa. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 42, 2017.
- STANTURF, J. A. et al. Eucalyptus beyond its native range: environmental issues in exotic bioenergy plantations. **International Journal of Forestry Research**, v. 2013, 2013.
- TAMBOSI, L. R. et al. A framework to optimize biodiversity restoration efforts based on habitat amount and landscape connectivity. **Restoration ecology**, v. 22, n. 2, p. 169-177, 2014.
- TAVARES, V. C.; DE ARRUDA, Í. R. P.; DA SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 385-405, 2019.
- THOMAS, S. C.; MARTIN, A. R. Carbon content of tree tissues: a synthesis. **Forests**, v. 3, n. 2, p. 332-352, 2012.
- TOMÉ, M. et al. Opportunities and challenges of Eucalyptus plantations in Europe: The Iberian Peninsula experience. **European Journal of Forest Research**, v. 140, n. 3, p. 489-510, 2021.
- TRAN, A.; LE PIOUFLE, N.; RUMIANO, F. Introduction to Geographic Information Systems-QGIS Training guideline document, Version QGIS 3.22. 2022.
- VEGA, M. L. B. P. de la; SARAIVA, A. M.; BUCKERIDGE, M. S. Fitomonitoração em jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) como parte de um método para avaliar o potencial de absorção de CO<sub>2</sub>. **SBIAGRO: anais**, 2003.
- VIEIRA, M.; MENDONÇA, Y. C. M. Desmatamento da Mata Atlântica paranaense: análise espacial para o período 2014 e 2019. **Revista Catarinense de Economia**, v. 5, n. 1, p. 46-57, 2021.
- VIERA, M.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R. Uma avaliação completa dos estoques de carbono em componentes de biomassa acima e abaixo do solo de uma plantaçãõ híbrida de eucalipto no sul do Brasil. **Florestas**, v. 10, n. 7, p. 536, 2019.
- ZAITON, S. et al. Eucalyptus in Malaysia: Review on environmental impacts. **Journal of Landscape Ecology**, v. 13, n. 2, p. 79-94, 2020.

ZANINI, A. M. et al. O efeito de métodos de restauração ecológica sobre os estoques de carbono na Mata Atlântica brasileira. **Ecologia e Manejo Florestal** , v. 481, p. 118734, 2021.