

ANA PAULA DALLA CORTE

**METODOLOGIA PARA DETECÇÃO DA ELEGIBILIDADE, LINHA DE
BASE E MONITORAMENTO DE PROJETOS DE MDL FLORESTAL**

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 Ciências Florestais na Área de Concentração Manejo Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

Co-orientador: Dr. Osvaldo Stella Martins

CURITIBA

2005

TERMO DE APROVAÇÃO

Dedico este trabalho a minha mãe, Ilda Lago Dalla Corte, pelo grande exemplo de vida e dedicação à arte de ensinar e, *“a tua presença é qualquer coisa como a luz e a vida, e eu sinto que em meu gesto existe o teu gesto e em minha voz a tua voz. Não te quero ter porque em meu ser tudo estaria terminado, quero só que surjas em mim como a fé nos desesperados, para que eu possa levar uma gota de orvalho nesta terra amaldiçoada, que ficou sobre a minha carne como nódoa do passado”*.

Ausência - Vinícius de Moraes
(Antologia poética)

BIOGRAFIA DO AUTOR

ANA PAULA DALLA CORTE, filha de Luiz Dalla Corte e Ilda Lago Dalla Corte, nasceu em São Domingos, Estado de Santa Catarina, no dia 25 de julho de 1980.

Começou o 1º grau no Colégio Estadual João Roberto Moreira, onde concluiu o 1º grau em 1994.

Começou o 2º grau no Colégio Bom Jesus e concluiu o 2º grau no Colégio Terceiro Milênio em 1997.

Em 1999 iniciou o curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná, terminando em 2003. Durante o curso foi bolsista durante 4 anos Programa Especial de Treinamento – PET.

Foi estagiária da Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, onde realizou diversos estágios voluntários em diversos projetos sempre vinculados ao Laboratório de Inventário Florestal, sob a orientação do Prof. Ph.D. Carlos Roberto Sanquetta.

Em maio de 2004, ingressou no Curso de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná para a realização do Mestrado em Ciências Florestais, Área de Concentração Manejo Florestal. Em abril do mesmo ano recebeu uma bolsa CNPq em nível de mestrado.

Em abril de 2004 foi aprovada em concurso para professor substituto do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná passando a ministrar aulas da disciplina de Fotogrametria e Fotointerpretação para o Curso de Engenharia Florestal.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao meu orientador Prof. Carlos Roberto Sanquetta pelo grande confiança em mim depositada e os grandes ensinamentos de um verdadeiro mestre. Também ao meu co-orientador Dr. Osvaldo Stella Martins pelo grande apoio e contribuição ao trabalho.

Agradecimentos aos Professores Flávio Kirchner, Paulo de Tarso de Lara Pires, Julio Eduardo Arce e Regina do Rocio de Andrade pelo grande incentivo, apoio em diversos momentos e por terem acreditado em minha capacidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa de estudo concedida.

Aos colegas de estudo Ludmila Profumo, Flora Osaki, Arthur L. da Fonseca Machado, Wagner dos Santos e Daniel Queiroz pelas amizades sinceras e pelo valioso convívio neste período.

Aos acadêmicos de Engenharia Florestal Geise Canalez Góes, João Paulo Druszcz, Lisiane Vulcanis, Anke Manuela Salzmann e Francisco Higuchi pela grande ajuda.

A todos os meus irmãos, Rita de Cássia, Sandro, Guinter, Edilberto, e Francis Mara e Rubens Dalla Corte e em especial ao meu pai Luiz Dalla Corte pelo companheirismo em todos os momentos felizes e difíceis.

Um agradecimento especial a minha mãe, Ilda Lago Dalla Corte, que tanto batalhou para que hoje eu conseguisse concretizar este sonho e infelizmente não conseguiu vivenciá-lo.

Ao meu namorado Alan Sulato de Andrade pelo incentivo e confiança em minha capacidade e pela grande paciência na falta de tempo, obrigado amor.

A todos que contribuíram de alguma forma, Muito Obrigado!

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| LISTA DE TABELAS | ix |
| LISTA DE FIGURAS | xi |
| RESUMO | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. OBJETIVOS..... | 5 |
| 1.1.1. Objetivos Gerais..... | 5 |
| 1.1.2. Objetivos Específicos..... | 5 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 7 |
| 2.1. O EFEITO ESTUFA E AS MUNDANCAS CLIMÁTICAS..... | 7 |
| 2.2. CONVENÇÃO QUADRO DO CLIMA DAS NAÇÕES UNIDAS..... | 9 |
| 2.3. O PROTOCOLO DE QUIOTO E AS CONFERÊNCIAS DAS PARTES | 11 |
| 2.4. MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO..... | 12 |
| 2.5. LAND USE, LAND USE CHANGE AND FORESTRY – LULUCF..... | 14 |
| 2.6. ELEGIBILIDADE | 17 |
| 2.7. LINHA DE BASE | 18 |
| 2.8. MERCADO DE CARBONO..... | 18 |
| 2.9. AS FLORESTAS COMO SUMIDOUROS DE CARBONO..... | 19 |
| 2.10. USO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA ESTIMATIVAS DE ÁREAS FLORESTAIS E O COMPORTAMENTO DESTES ALVOS..... | 21 |
| 2.11. IMAGENS CBERS..... | 26 |
| 2.12. IMAGENS LANDSAT 7..... | 28 |
| 2.13. FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO..... | 30 |
| 2.14. METODOLOGIAS DE DETERMINAÇÃO DE BIOMASSA E CARBONO..... | 30 |

| | |
|--|-----------|
| 2.15. INVENTÁRIOS FLORESTAIS..... | 32 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 35 |
| 3.1. ÁREA DE ESTUDO..... | 35 |
| 3.1.1. Floresta Ombrófila Mista..... | 35 |
| 3.1.2. Bituruna e General Carneiro | 38 |
| 3.1.3. Estudo de Caso – Propriedade Esperança..... | 40 |
| 3.2. MATERIAIS..... | 41 |
| 3.2.1. Imagens do Satélite CBERS..... | 41 |
| 3.2.2. Imagens do Satélite Landsat 7..... | 41 |
| 3.2.3. Cartas de Referência..... | 42 |
| 3.2.4. Software Utilizado..... | 42 |
| 3.3. MÉTODOS..... | 43 |
| 3.3.1. Delimitação da Área de Estudo..... | 44 |
| 3.3.2. Mapeamento dos Reflorestamentos..... | 44 |
| 3.3.2.1. Interpretação das Imagens de Satélite..... | 45 |
| 3.3.2.2. Mapeamento e Quantificação dos Resultados..... | 46 |
| 3.3.3. Análise Regional – Bituruna e General Carneiro..... | 47 |
| 3.3.4. Estudo de Caso – Propriedade Esperança..... | 51 |
| 3.3.4.1. Cenário 1 – Pinus..... | 53 |
| 3.3.4.2. Cenário 2 – Bracatinga..... | 56 |
| 3.3.4.3. Cenário 3 – Araucária..... | 58 |
| 3.3.4.4. Cenário 4 – Araucária + Erva-mate..... | 60 |
| 3.3.4.5. Linha de Base e Adicionalidade..... | 61 |
| 3.3.4.6. Monitoramento..... | 62 |
| 3.3.4.7. Análise Econômica | 62 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 65 |
| 4.1. LOCALIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS FOCOS | |

| | |
|--|-----------|
| DE CARBONO FIXADO EM REFLORESTAMENTOS NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO PARANÁ..... | 65 |
| 4.2. ANÁLISE REGIONAL – BITURUNA E GENERAL CARNEIRO..... | 71 |
| 4.3. ANÁLISE DETALHADA – PROPRIEDADE ESPERANÇA..... | 77 |
| 4.3.1. Resultado dos Cenários..... | 81 |
| 4.3.1.1. Cenário 1 – Plantio de Pinus..... | 81 |
| 4.3.1.2. Plantio de Bracatinga..... | 82 |
| 4.3.1.3. Plantio de Araucária..... | 83 |
| 4.3.1.4. Plantio de Araucária + Erva-mate..... | 84 |
| 4.3.1.5. Análise Econômica dos Cenários..... | 85 |
| 4.3.2. Definição da linha de base..... | 85 |
| 4.3.3. Monitoramento..... | 87 |
| 5. SÍNTESE DOS RESULTADOS..... | 92 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 95 |
| 7. RECOMENDAÇÕES..... | 97 |
| 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 98 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|------------|---|----|
| TABELA 1 - | CARACTERÍSTICAS DO SENSOR CCD DO SATÉLITE CBERS..... | 28 |
| TABELA 2 - | CARACTERÍSTICAS DO SENSOR CCD DO SATÉLITE CBERS..... | 28 |
| TABELA 3 - | CARACTERÍSTICAS DO SENSOR ETM+ DO SATÉLITE LANDSAT 7..... | 29 |
| TABELA 4 - | CARACTERÍSTICAS DO SENSOR DO SATÉLITE LANDSAT 7..... | 30 |
| TABELA 5 - | ÓRBITA PONTO E DATA DE PASSAGEM DAS IMAGENS DO CBERS..... | 41 |
| TABELA 6- | ÓRBITA PONTO E DATA DE PASSAGEM DAS IMAGENS DO LANDSAT 7..... | 42 |
| TABELA 7- | SOFTWARE UTILIZADO PARA O TRABALHO..... | 43 |
| TABELA 8- | PRINCIPAIS ELEMENTOS OBSERVADOS PARA A INTERPRETAÇÃO VISUAL..... | 47 |
| TABELA 9- | COEFICIENTES AJUSTADOS PELO LIF PARA PINUS E INDICADORES ESTATÍSTICOS PARA A EQUAÇÃO DE BIOMASSA SECA TOTAL..... | 55 |
| TABELA 10- | COEFICIENTES AJUSTADOS PELO LIF PARA BRACATINGA E INDICADORES ESTATÍSTICOS PARA A EQUAÇÃO DE BIOMASSA SECA TOTAL..... | 57 |
| TABELA 11- | COEFICIENTES AJUSTADOS PELO LIF PARA ARAUCÁRIA E INDICADORES ESTATÍSTICOS PARA A EQUAÇÃO DE BIOMASSA SECA TOTAL..... | 59 |
| TABELA 12- | RESULTADO SUMARIZADO DOS REFLORESTAMENTOS NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO PARANÁ..... | 66 |
| TABELA 13- | ÁREAS DOS REFLORESTAMENTOS PELOS TAMANHOS DOS POLÍGONOS..... | 68 |
| TABELA 14- | ÁREA DOS REFLORESTAMENTOS NAS MESOREGIÕES E AS ESTIMATIVAS DE CARBONO E DIÓXIDO DE CARBONO (t)..... | 70 |
| TABELA 15- | CLASSES DE USO DO SOLO EM DUAS DATAS SEGUNDO A REFERÊNCIA | |

| | | |
|------------|--|----|
| | DO PROTOCOLO DE QUIOTO..... | 73 |
| TABELA 16- | ÁREAS ELEGÍVEIS E NÃO ELEGÍVEIS PARA PROJETOS DE MDL E PROTOCOLO DE QUIOTO | 76 |
| TABELA 17- | CARBONO E DIÓXIDO DE CARBONO ESTIMADOS PARA AS ÁREAS POTENCIAIS NO FINAL DA ROTAÇÃO (20 ANOS)..... | 77 |
| TABELA 18- | USO DO SOLO NA PROPRIEDADE ESPERANÇA EM BITURUNA, PARANÁ | 77 |
| TABELA 19- | ÁREAS POTENCIAIS PARA PROJETOS DE MDL NA PROPRIEDADE ESPERANÇA EM BITURUNA, PARANÁ..... | 78 |
| TABELA 20- | QUANTIDADE DE CARBONO NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS PARA O GÊNERO PINUS (t C/HA)..... | 82 |
| TABELA 21- | QUANTIDADE DE CARBONO NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS PARA A BRACATINGA (t C/HA)..... | 83 |
| TABELA 22- | QUANTIDADE DE CARBONO NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS PARA A ARAUCÁRIA (t C/HA)..... | 84 |
| TABELA 23- | QUANTIDADE DE CARBONO NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS PARA A ARAUCÁRIA E A ERVA-MATE (T C/HA)..... | 84 |
| TABELA 24- | PRINCIPAIS INDICADORES ECONÔMICOS PARA OS QUATRO CENÁRIOS AVALIADOS..... | 85 |
| TABELA 25- | PROPOSTA PARA INTENSIDADE AMOSTRAL EM PROJETOS DE PEQUENA ESCALA DE MDL FLORESTAL..... | 90 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|--|----|
| FIGURA 1 - | COMPARAÇÕES ENTRE AS SIMULAÇÕES DE TEMPERATURA DESDE O ANO DE 1860 E O AUMENTO OBSERVADO..... | 8 |
| FIGURA 2 - | VARIAÇÕES TEMPORAIS DOS PRINCIPAIS PROCESSOS DENTRO DO CICLO DO CARBONO..... | 9 |
| FIGURA 3 - | ETAPAS DE UM PROJETO PARA RECEBER OS RCE..... | 14 |
| FIGURA 4 - | RADIAÇÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO..... | 22 |
| FIGURA 5 - | CORTE TRASNVERSAL DE UMA FOLHA MOSTRANDO AS CAMADAS, UMA CÉLULA, O CLOROPLASTO E O GRANUM..... | 25 |
| FIGURA 6 - | ESPECTRO DE REFLECTÂNCIA DE UMA FOLHA DE VEGETAÇÃO VERDE E SADIA..... | 25 |
| FIGURA 7 - | ILUSTRAÇÃO DO SATÉLITE CBERS E SEUS COMPONENTES..... | 27 |
| FIGURA 8 - | LOCALIZAÇÃO DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO PARANÁ..... | 36 |
| FIGURA 9 - | MESOREGIÕES PARANAENSE NOS LIMITE DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA..... | 37 |
| FIGURA 10 - | LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DE BITURUNA E GENERAL CARNEIRO NO ESTADO DO PARANÁ..... | 38 |
| FIGURA 11 - | LOCALIZAÇÃO DA PROPRIEDADE ESPERANÇA NO MUNICÍPIO DE BITURUNA..... | 40 |
| FIGURA 12 - | FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA ADOTADA NA EXECUÇÃO DA PESQUISA..... | 43 |
| FIGURA 13 - | REPRESENTAÇÃO DOS CENÁRIOS SIMULADOS..... | 53 |
| FIGURA 14 - | REPRESENTAÇÃO DAS ÁREAS IMAGEADAS POR CADA SATÉLITE..... | 66 |
| FIGURA 15 - | RESULTADO DO MAPEAMENTO DOS REFLORESTAMENTOS NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO PARANÁ | 67 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 16 - MAPA DAS ÁREAS SEM VEGETAÇÃO NOS ANOS DE 1993 E 2000..... | 74 |
| FIGURA 17 - MAPA DAS ÁREAS POTENCIAIS PARA PROJETOS DE MDL | 75 |
| FIGURA 18 - USO DO SOLO NA PROPRIEDADE ESPERANÇA EM 1993 E 2000..... | 79 |
| FIGURA 19 - ÁREAS POTENCIAIS PARA PROJETOS DE MDL NA PROPRIEDADE ESPERANÇA..... | 80 |
| FIGURA 20 - REPRESENTAÇÃO DA LINHA DE BASE DE UM PROJETO PARA OS CENÁRIOS SIMULADOS t CO ₂ /ha | 86 |
| FIGURA 21 - ESQUEMA DA AMOSTRAGEM NA ÁREA ALVO DO PROJETO EM QUESTÃO t CO ₂ /ha..... | 87 |
| FIGURA 22 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA AMOSTRAGEM | 88 |
| FIGURA 23 - ESQUEMA DA AMOSTRAGEM NA ÁREA ALVO DO PROJETO EM QUESTÃO..... | 91 |

RESUMO

O presente trabalho, desenvolvido na área de abrangência da Floresta Ombrófila Mista (F.O.M.) no Estado do Paraná, visa detectar os principais focos de carbono fixado nos limites da F.O.M., bem como estimar a quantidade de carbono que estaria sendo fixada pelos mesmos. Visa ainda realizar um estudo mais detalhado em dois municípios, Bituruna e General Carneiro, com o objetivo de detectar áreas potenciais para Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) Florestais, e para uma área ainda menor, uma propriedade, simular o impacto de um projeto de MDL Florestal segundo 4 Cenários com práticas adotadas na região, sendo elas: plantio de pinus, plantio de bracatinga, plantio de araucária e plantio de araucária com erva-mate. Para o primeiro objetivo foram utilizadas imagens dos satélites Sino-Brasileiro CBERS e Landsat. O segundo objetivo foi embasado nas definições do Protocolo de Quioto e definições complementares. Assim, foram geradas áreas consideradas potenciais para MDL Florestal dentro dos dois municípios. Em uma destas áreas foram desenvolvidos 4 cenários para simular o impacto da instalação de um projeto. Os resultados indicaram que 5,19% da áreas originais da F.O.M. são reflorestamentos de acordo com a definição do Protocolo de Quioto. Ainda, estimou-se que cerca de 97.999.708,2 t CO_{2e} estariam estocados nestes reflorestamentos. Observou-se que os 2 municípios teriam 21.686,10 ha potenciais para um projeto de MDL Florestal, tendo uma capacidade de fixar algo próximo a 8.365.127,7 T CO_{2e}. A avaliação financeira para os cenários demonstrou uma Taxa Interna de Retorno (TIR) 18,9%, 17,3%, 14,5% e 13,0% para pinus, bracatinga, araucária e araucária com erva-mate respectivamente.

Palavras-chave: Protocolo de Quioto, MDL Florestal, Metodologia, Reflorestamentos.

ABSTRACT

The present work, developed in the Floresta Ombrófila Mista (F.O.M.) area, in the state of Paraná, seeks to detect the main fixed carbon focus on the limits of the F.O.M. as well as estimate the carbon stock fixed by the same limits. It also seeks to carry out a more detailed study in two districts: Bituruna and General Carneiro, with the objective of detecting the potential areas for Forestry Clean Development Mechanism (CDM). For a smaller area, a property, the study simulated the impact of Forestry CDM project according to four scenarios possible for the region, which are: pinus plantation, bracatinga plantation, araucaria plantation, and araucaria with erva-mate plantation. For the first objective, it was used satellite imagery from the China-Brazilian CBERS and Landsat. The second objective was based on the Kyoto Protocol definitions and its complementary definitions. Thereby, considered potential areas considered for Forestry CDM within the two districts were generated. And, in one of these areas there were developed four scenarios to simulate the impact of the project establishment. The results indicated that 5.19% of the original F.O.M. areas are reforestation stands according to the Kyoto Protocol definition. Yet, it was estimated that nearly 97,999,708.2 t CO₂ were stocked in those forest plantations. It was observed that the two districts had 21,686.10 ha potential for a Forestry CDM project, with the capacity to fix nearly 8,365,127.7 t CO₂. The financial evaluation for the scenarios showed intern rates of return 18.9%, 17.3%, 14.5% and 13.0% for pinus, bracatinga, araucaria and araucaria with erva-mate, respectively.

Key-words: Kyoto Protocol, Forestry CDM, Methodology, Reforestation.