

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCILA DE ALMEIDA VASQUES FERNANDES

**CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA “TARAM” PARA PROJETOS FLORESTAIS
DE MDL COM *Pinus taeda* L. NO EXTREMO SUL DO PARANÁ**

CURITIBA

2010

LUCILA DE ALMEIDA VASQUES FERNANDES

**CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA “TARAM” PARA PROJETOS FLORESTAIS
DE MDL COM *Pinus taeda* L. NO EXTREMO SUL DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, Departamento de Ciências Florestais, 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

Co-orientador:
Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

CURITIBA

2010

Ficha catalográfica elaborada por Rosangelis Visoni A. de Ornelas – CRB/9 – 501

Fernandes, Lucila de Almeida Vasques.

Customização da ferramenta “TARAM” para projetos florestais de MDL com *Pinus taeda* L. no extremo sul do Paraná / Lucila de Almeida Vasques Fernandes.- 2010.

128f. : il.

Orientador: Carlos Roberto Sanquetta

Co-orientador: Afonso Figueiredo Filho

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 2010.

Inclui bibliografia

Área de concentração: Manejo Florestal

1. Mecanismo de desenvolvimento limpo. 2. *Pinus taeda* 3.

Teses. I. Sanquetta, Carlos Roberto. II. Figueiredo Filho, Afonso. III Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

CDD – 634.0.41

CDU – 634.928

TERMO DE APROVAÇÃO

*Dedico ao meu pai Delfim V. Fernandes Filho e
minha mãe Ana Lizete de A. Fernandes, como forma
de agradecimento pela confiança absoluta e
incansável incentivo, e principalmente pela arte de
educar com amor e ética.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força incondicional em todos os momentos e pela a oportunidade de aprendizado e crescimento nesta vida.

Agradeço imensamente aos meus pais Delfim V. Fernandes Filho e Ana Lizete de A. Fernandes pelo apoio e incentivo em todos os momentos, pela confiança em mim depositada, pela paciência infinda e pelo amor e educação.

Agradeço a minha irmã Consuelo de A. V. Fernandes, minha grande amiga, que nunca hesitou em confortar e aconselhar, pelo apoio e incentivo, pela amizade, pela confiança e principalmente pelas palavras que sempre foram de grande importância para mim.

Agradeço a minha sobrinha e afilhada Ana Mahara Fernandes Calizario pela sua alegria, amor e grande amizade.

Agradeço ao meu amor, meu namorado Francelo Mognon, por toda ajuda e apoio no desenvolvimento do trabalho, mas principalmente pelo seu companheirismo em todas as horas, pelo incentivo e paciência, pela confiança em mim depositada e por seu amor e lealdade.

Ao Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta pelos ensinamentos e orientação durante todos os anos que estive no Laboratório de Inventário Florestal e pelas oportunidades de aperfeiçoamento profissional.

Ao Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho pelo estímulo e pela valiosa co-orientação neste trabalho.

Aos membros da banca examinadora Dr. Rafaelo Balbinot e Dr. Márcio Coraiola pelas valiosas contribuições.

Aos professores e Sebastião do Amaral Machado, Nelson Nakajima, Luciano Farinha Watzlawick, Júlio Eduardo Arce, Dirceu Lúcio C. de Miranda, pelas palavras de incentivo, pelo apoio, disponibilidade oferecida, ajuda técnica e pelo exemplo.

Aos engenheiros Vagner Putton e Gilson Geronasso (Remasa Reflorestadora Ltda.) pela contribuição oferecida e à Eng^a Florestal Ana Paula Dalla Corte pelo apoio e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

À minha madrinha Maria Aparecida Usller e meu primo Daniel Usller por toda a ajuda e incentivo.

Aos queridos amigos, Andreia Taborda dos Santos, Andréia Pimentel, Raquel Marchesan, Mariah J. P. Vargas, Jackeline Boreli, Maiza Nara dos Santos, Viviane Jorgina da Silva, Adriana Maria Chiminello e Hélio Brandão, pela amizade, apoio e incentivo, bem como por pequenas ajudas que em certos momentos foram fundamentais.

Aos demais colegas do curso de Engenharia Florestal da UFPR e do Laboratório de Inventário Florestal – UFPR.

À Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de realizar este estudo e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro.

Aos membros da coordenação do Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da UFPR por tornar possível a realização deste trabalho.

A todos que contribuíram de alguma forma na realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi customizar a ferramenta TARAM, por meio da aplicação da metodologia aprovada do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) AR-AM0005, para projetos florestais de MDL com *Pinus taeda* L. na região extremo sul do Paraná. Para tanto, foi simulada a produção volumétrica ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$) de diversos regimes de manejo com idades de corte raso de 20 e 30 anos. O valor presente líquido (VPL) por hectare de cada regime de manejo foi calculado, para seleção de dois regimes de manejo: um com idade de corte raso de 20 anos e outro com idade de corte raso de 30 anos. Os regimes de manejo foram utilizados para compor os dois projetos florestais de MDL do presente estudo: o projeto de MDL (1) com período de obtenção de créditos do MDL de 20 anos; e o projeto de MDL (2) com período de obtenção de créditos do MDL de 30 anos. Posteriormente, a ferramenta TARAM foi customizada para cada projeto de MDL, gerando estimativas *ex ante* da remoção antrópica líquida de Gases de Efeito Estufa (GEE), bem como de Reduções Certificadas de Emissões (RCEs). O valor das RCEs. ha^{-1} foi calculado utilizando o preço de US\$ 4,76 a RCE, bem como foram calculados os custos de transação ($\text{US}\$.\text{ha}^{-1}$) dos dois projetos de MDL. Com base nas receitas e nos custos, o VPL ($\text{US}\$.\text{ha}^{-1}$) foi calculado para os dois projetos de MDL. Por fim, o VPL foi convertido para a moeda brasileira (R\$) utilizando a cotação do dólar a R\$ 1,786. Analisando os resultados, observou-se que dentre os regimes de manejo simulados com a idade de corte raso de 20 e 30 anos, os que apresentaram maior $\text{VPL}.\text{ha}^{-1}$ (R\$ 1.343,77 e R\$ 948,47, respectivamente) possuem densidade inicial de 2.500 indivíduos/ha, com desbastes aos 8, 11 e 15 anos para o regime com rotação de 20 anos, e com desbastes aos 8, 11, 15 e 20 anos para o regime com rotação de 30 anos. Com relação à customização da ferramenta TARAM, o projeto de MDL (1) obteve estimativa de remoção antrópica líquida de GEE (736.717 tCO_2e) superior a do projeto de MDL (2) (591.475 tCO_2e). O $\text{VPL}.\text{ha}^{-1}$ no projeto de MDL (1), considerando 20 anos de projeto, foi de R\$ 949,63 para RCE temporária (RCEt), R\$ 415,05 para RCE de longo prazo (RCEl) com reversão e R\$ 342,62 para RCEl sem reversão. No projeto de MDL (2), o $\text{VPL}.\text{ha}^{-1}$ foi de R\$ 1.165,57 para RCEt, R\$ 441,85 para RCEl com reversão e R\$ 276,71 para RCEl sem reversão, em 30 anos de projeto. Concluiu-se com o presente estudo que a ferramenta TARAM pode auxiliar de forma importante na elaboração de projetos florestais de MDL, sendo recomendado seu uso para esse fim. Além disso, concluiu-se que reflorestamentos com *Pinus taeda*, eventualmente implantados em resposta ao incentivo do MDL, podem gerar *créditos de carbono* e então contribuir com uma renda adicional aos produtores.

Palavras-chave: Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. TARAM. *Pinus taeda* L.

ABSTRACT

“TARAM” TOOL CUSTOMIZATION FOR CDM FOREST PROJECTS WITH *Pinus taeda* IN THE EXTREME SOUTH OF PARANÁ

This study aimed at customizing the TARAM tool, through the application of the approved methodology of Clean Development Mechanism (CDM) AR-AM0005 for CDM forest projects with *Pinus taeda* L. in the extreme south of Paraná. Thus, the volumetric yield ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$) of various management regimes with clear cut at ages 20 and 30 was simulated. The net present value (NPV) by hectare of each management regime was calculated for the selection of two management regimes: one with clear cut at age 20 and the other with at age 30. Management regimes were used to form the two CDM forest projects of the present study: the CDM project (1) with a CDM credit achievement period of 20 years; and the CDM project (2) with a CDM credit achievement period of 30 years. Afterwards, the TARAM tool was customized for each CDM project, generating *ex ante* estimates of net anthropic removal of Greenhouse Effect Gases (GHG), as well as Certified Emission Reductions (CERs). The CERs' value was calculated at the price of US\$ 4,76/CER, and transaction costs ($\text{US}\$. \text{ha}^{-1}$) of the two CDM projects were also calculated. Based on revenues and costs, the NPV ($\text{US}\$. \text{ha}^{-1}$) was calculated for the two CDM projects. Finally, the NPV was translated into the Brazilian currency (R\$) according to a dollar quote of R\$ 1,786. Results analysis led to the conclusion that among the simulated management regimes with clear cut at ages 20 and 30, those presenting higher NPV. ha^{-1} (R\$ 1.343,77 and R\$ 948,47, respectively) had an initial density of 2.500 individuals/ha, with thinning at ages 8, 11 and 15 for a 20-year rotation regime, and with thinning at ages 8, 11, 15 and 20 for a 30-year rotation regime. Regarding the TARAM tool customization, the CDM project (1) achieved a net anthropic removal estimation of GEE (736.717 tCO₂e) higher than CDM project (2) (591.475 tCO₂e). The VPL. ha^{-1} for CDM project (1), considering its 20-year period, was R\$ 949,63 for temporary CER (tCER), R\$ 415,05 for long term CER (ICER) with reversion and R\$ 342,62 for ICER without reversion. In the CDM project (2), the VPL. ha^{-1} was R\$ 1.165,57 for tCER, R\$ 441,85 for ICER with reversion and R\$ 276,71 for ICER without reversion, in 30 years of project. It concluded with this study that the TARAM tool helps enormously with the preparation of CDM forest projects, and therefore it is recommended to this aim. Furthermore, it concluded that reforestations with *Pinus taeda* eventually implemented in response to CDM incentives can generate carbon credits, thus contributing with extra revenue to the land owners.

Key-words: Clean Development Mechanism. TARAM. *Pinus taeda* L.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	– VALOR PRESENTE LÍQUIDO POR HECTARE DOS REGIMES DE MANEJO SIMULADOS COM IDADE DE CORTE RASO DE 20 ANOS.....	68
GRÁFICO 2	– VALOR PRESENTE LÍQUIDO POR HECTARE DOS REGIMES DE MANEJO SIMULADOS COM IDADE DE CORTE RASO DE 30 ANOS.....	69
GRÁFICO 3	– TENDÊNCIA ANUAL DA REMOÇÃO LÍQUIDA DE GEE DA LINHA DE BASE, AO LONGO DE 20 ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1).....	95
GRÁFICO 4	– TENDÊNCIA ANUAL DA REMOÇÃO LÍQUIDA DE GEE DA LINHA DE BASE, AO LONGO DOS 30 ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	95
GRÁFICO 5	– TENDÊNCIA ANUAL DA REMOÇÃO REAL LÍQUIDA DE GEE AO LONGO DE 20 ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1).....	102
GRÁFICO 6	– TENDÊNCIA ANUAL DA REMOÇÃO REAL LÍQUIDA DE GEE AO LONGO DOS 30 ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	102
GRÁFICO 7	– TENDÊNCIA ANUAL DAS FUGAS AO LONGO DE 20 ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1).....	104
GRÁFICO 8	– TENDÊNCIA ANUAL DAS FUGAS AO LONGO DOS 30 ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	104
GRÁFICO 9	– COMPARAÇÃO ENTRE A REMOÇÃO REAL LÍQUIDA DE GEE E A REMOÇÃO LÍQUIDA DE GEE DA LINHA DE BASE DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1).....	109
GRÁFICO 10	– COMPARAÇÃO ENTRE A REMOÇÃO REAL LÍQUIDA DE GEE E A REMOÇÃO LÍQUIDA DE GEE DA LINHA DE BASE DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	109
GRÁFICO 11	– REDUÇÕES CERTIFICADAS DE EMISSÕES GERADAS PELO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1).....	111
GRÁFICO 12	– REDUÇÕES CERTIFICADAS DE EMISSÕES GERADAS PELO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	112
GRÁFICO 13	– FONTES DE RENDA DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1), CONSIDERANDO VALOR PRESENTE LÍQUIDO POR HECTARE.....	116
GRÁFICO 14	– FONTES DE RENDA DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2), CONSIDERANDO VALOR PRESENTE LÍQUIDO POR HECTARE.....	117

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	– ETAPAS QUE CONSTITUEM O CICLO DE UM PROJETO DE MDL.....	14
FIGURA 2	– DIFERENÇA ENTRE AS EMISSÕES DE GEE DA LINHA DE BASE E AS EMISSÕES DE GEE DO PROJETO.....	16
FIGURA 3	– ILUSTRAÇÃO EXPLICATIVA DAS RCE TEMPORÁRIAS (RCEt).....	20
FIGURA 4	– ILUSTRAÇÃO EXPLICATIVA DAS RCE DE LONGO PRAZO (RCE).....	21
FIGURA 5	– FOTO DE UM POVOAMENTO DE PINUS EM GENERAL CARNEIRO/PR.....	31
FIGURA 6	– LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO ESTUDO.....	33
FIGURA 7	– COMBINAÇÕES POSSÍVEIS PARA COMPOSIÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA <i>Pinus taeda</i> COM IDADE DE CORTE RASO DE 20 ANOS...	37
FIGURA 8	– COMBINAÇÕES POSSÍVEIS PARA COMPOSIÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA <i>Pinus taeda</i> COM IDADE DE CORTE RASO DE 30 ANOS...	38
FIGURA 9	– CÁLCULO DA REMOÇÃO LÍQUIDA DE GEE POR SUMIDOUROS DA LINHA DE BASE.....	53
FIGURA 10	– CÁLCULO DA REMOÇÃO REAL LÍQUIDA DE GEE POR SUMIDOUROS.....	55
FIGURA 11	– CÁLCULO DAS FUGAS DO PROJETO.....	60
FIGURA 12	– TELA DA FERRAMENTA TARAM V1.3 ONDE É SELECIONADA A METODOLOGIA DE MDL APROVADA.....	73
FIGURA 13	– PARTE DA PLANILHA <i>SPECIES</i> DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS DE <i>Pinus taeda</i>	75
FIGURA 14	– PARTE DA PLANILHA <i>BLS1</i> DA FERRAMENTA TARAM COM DADOS DE PASTAGEM.....	77
FIGURA 15	– PARTE DA PLANILHA <i>SM1</i> DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS SOBRE OS PLANTIO DE <i>Pinus taeda</i> . A) PROJETO FLORESTAL DE MDL (1); B) PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	78
FIGURA 16	– PARTE DA PLANILHA <i>SM1</i> DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS SOBRE TRATAMENTO DA VEGETAÇÃO PRÉ-EXISTENTE PARA PREPARO DO TERRENO.....	79
FIGURA 17	– PARTE DA PLANILHA <i>SM1</i> DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS DE VOLUME POR HECTARE DE <i>Pinus taeda</i> . A) PROJETO FLORESTAL DE MDL (1); B) PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	80
FIGURA 18	– PARTE DA PLANILHA <i>SM1</i> DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS DE VOLUME POR HECTARE DE <i>Pinus taeda</i> REMOVIDO NOS DESBASTES E CORTE RASO. A) PROJETO FLORESTAL DE MDL (1); B) PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)	81
FIGURA 19	– PARTE DA PLANILHA <i>Strata</i> DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM O ESTRATO DEFINIDO NOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL (1) E (2).....	82

FIGURA 20 – PARTE DA PLANILHA <i>AR-PLAN</i> DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM AS INFORMAÇÕES DE ÁREA PLANTADA (HECTARE) POR ANO DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL (1) E (2).....	82
FIGURA 21 – PARTE DA PLANILHA <i>PRE-AR</i> DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM AS INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA O CÁLCULO DA TAXA DE REFLORESTAMENTO DE PRÉ-PROJETO.....	83
FIGURA 22 – PARTE DA PLANILHA <i>PRE-AR</i> DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS DE VOLUME POR HECTARE DE <i>Pinus taeda</i> . A) PROJETO FLORESTAL DE MDL (1); B) PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	84
FIGURA 23 – PARTE DA PLANILHA <i>LK</i> DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS NECESSÁRIOS PARA CÁLCULO DAS FUGAS DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL.....	87
FIGURA 24 – PARTE DA PLANILHA <i>CERs</i> DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS PARA CÁLCULO DAS RCEs. A) PROJETO FLORESTAL DE MDL (1); B) PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	88

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – TÍTULO DAS 9 METODOLOGIAS DE MDL APROVADAS PARA PROJETOS FLORESTAIS DE MDL DE LARGA ESCALA.....	23
QUADRO 2 – INTENSIDADE DE DESBASTE ADOTADA NA SIMULAÇÃO DOS REGIMES DE MANEJO PARA <i>Pinus taeda</i>	38
QUADRO 3 – DIMENSÕES DAS TORAS DOS SORTIMENTOS ADOTADOS NAS SIMULAÇÕES DOS REGIMES DE MANEJO.....	39
QUADRO 4 – PREÇO MÉDIO DA MADEIRA EM PÉ (R\$/m ³) DE <i>Pinus taeda</i> NO PARANÁ.....	40
QUADRO 5 – ÁREA ANUAL EM HECTARES COM PLANTIOS DE <i>Pinus spp.</i> NO PARANÁ, CONSIDERANDO OS ANOS DE 2004 A 2008.....	44
QUADRO 6 – SELEÇÃO E JUSTIFICATIVA DOS RESERVATÓRIOS DE CARBONO CONSIDERADOS NOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL.....	45
QUADRO 7 – NOME E DESCRIÇÃO DAS 14 PLANILHAS DA FERRAMENTA TARAM V1.3.....	48
QUADRO 8 – PADRÕES NECESSÁRIOS PARA CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA TARAM V1.3.....	49
QUADRO 9 – CUSTOS MÉDIOS DE TRANSAÇÃO (US\$) DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL.....	63
QUADRO 10 – DESCRIÇÃO DOS DESBASTES QUE COMPÕEM OS REGIMES DE MANEJO COM A IDADE DE CORTE RASO DE 20 ANOS.....	65
QUADRO 11 – DESCRIÇÃO DOS DESBASTES QUE COMPÕEM OS REGIMES DE MANEJO COM A IDADE DE CORTE RASO DE 30 ANOS.....	65
QUADRO 12 – CUSTOS POR HECTARE DOS REGIMES DE MANEJO COM IDADE DE CORTE RASO DE 20 ANOS.....	66
QUADRO 13 – CUSTOS POR HECTARE DOS REGIMES DE MANEJO COM IDADE DE CORTE RASO DE 30 ANOS.....	67
QUADRO 14 – VOLUME POR HECTARE DO REGIME DE MANEJO COM DENSIDADE INICIAL DE 2.500 INDIVÍDUOS POR HECTARE, COM DESBASTE AOS 8, 11 E 15 ANOS E CORTE RASO AOS 20 ANOS.....	71
QUADRO 15 – VOLUME TOTAL POR HECTARE DO REGIME DE MANEJO COM DENSIDADE INICIAL DE 2.500 INDIVÍDUOS POR HECTARE, COM DESBASTES NAS IDADES 8, 11, 15 E 20 ANOS E CORTE RASO AOS 30 ANOS.....	72
QUADRO 16 – VARIÁVEIS DE <i>Pinus taeda</i> NECESSÁRIAS PARA CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA TARAM V1.3.....	73
QUADRO 17 – PADRÕES DEFINIDOS PARA <i>Pinus taeda</i> NECESSÁRIOS PARA CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA TARAM V1.3.....	74

QUADRO 18 –	PADRÕES DEFINIDOS PARA VEGETAÇÃO DE PASTAGEM NECESSÁRIOS PARA CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA TARAM V1.3	76
QUADRO 19 –	DISTÂNCIAS MÉDIAS DE TRANSPORTE PARA A ÁREA COM OS PLANTIOS DE <i>Pinus taeda</i>	85

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	–	VALOR PRESENTE LÍQUIDO POR HECTARE DOS REGIMES DE MANEJO SIMULADOS COM IDADE DE CORTE RASO DE 20 ANOS.....	68
TABELA 2	–	VALOR PRESENTE LÍQUIDO POR HECTARE DOS REGIMES DE MANEJO SIMULADOS COM IDADE DE CORTE RASO DE 30 ANOS.....	69
TABELA 3	–	RESULTADOS CONSIDERANDO A TAXA DE REFLORESTAMENTO DE PRÉ-PROJETO PARA TODOS OS ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1).....	92
TABELA 4	–	RESULTADOS CONSIDERANDO A TAXA DE REFLORESTAMENTO DE PRÉ-PROJETO, PARA TODOS OS ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	93
TABELA 5	–	MUDANÇA DO ESTOQUE DE CARBONO NA BIOMASSA VIVA DO REFLORESTAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1).....	96
TABELA 6	–	MUDANÇA DO ESTOQUE DE CARBONO NA BIOMASSA VIVA DO REFLORESTAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	97
TABELA 7	–	EMIÇÃO DE GEE POR FONTES DECORRENTES DA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1).....	99
TABELA 8	–	EMIÇÃO DE GEE POR FONTES DECORRENTES DA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	100
TABELA 9	–	RESUMO DAS PRINCIPAIS ESTIMATIVAS CALCULADAS PELA FERRAMENTA TARAM PARA O PROJETO FLORESTAL DE MDL (1).....	107
TABELA 10	–	ESTIMATIVAS DA REMOÇÃO ANTRÓPICA LÍQUIDA DE GEE DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1).....	107
TABELA 11	–	RESUMO DAS PRINCIPAIS ESTIMATIVAS CALCULADAS PELA FERRAMETA TARAM PARA O PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	108
TABELA 12	–	ESTIMATIVAS DA REMOÇÃO ANTRÓPICA LÍQUIDA DE GEE DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	109
TABELA 13	–	QUANTIDADE DE UNIDADES DE RCEs GERADAS PELO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1).....	110
TABELA 14	–	QUANTIDADE DE UNIDADES DE RCEs GERADAS PELO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	112
TABELA 15	–	VALORES EM DÓLAR DAS REDUÇÕES CERTIFICADAS DE EMISSÕES DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1).....	113
TABELA 16	–	VALORES EM DÓLAR DAS REDUÇÕES CERTIFICADAS DE EMISSÕES DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2).....	114
TABELA 17	–	VALORES EM DÓLAR DOS CUSTOS DE TRANSAÇÃO POR HECTARE DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL (1) E (2).....	114

TABELA 18 – VALOR PRESENTE LÍQUIDO POR HECTARE DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL (1) E (2)..... 115

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO GERAL.....	3
1.1.1 Objetivos específicos.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	4
2.2 CONVENÇÃO DO CLIMA.....	6
2.3 PROTOCOLO DE QUIOTO.....	8
2.4 MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO.....	9
2.4.1 Gases de efeito estufa e mudanças no uso da terra.....	11
2.5 PROJETOS DE MDL.....	13
2.5.1 Conceitos fundamentais relacionados aos projetos de MDL.....	15
2.6 PROJETOS FLORESTAIS DE MDL.....	16
2.6.1 Reduções Certificadas de Emissões (RCEs).....	18
2.6.2 Mercado de carbono.....	21
2.6.3 Metodologias aprovadas para projetos florestais de MDL.....	22
2.6.4 Ferramentas aplicadas em projetos florestais de MDL.....	24
2.7 O GÊNERO PINUS E A ESPÉCIE FLORESTAL <i>Pinus taeda</i> L.....	26
2.7.1 Situação do gênero Pinus no setor florestal do Brasil e do Paraná.....	26
2.7.2 Biomassa e carbono de <i>Pinus taeda</i>	27
2.7.3 Regimes de manejo para <i>Pinus taeda</i>	28
3 METODOLOGIA	31
3.1 ABRANGÊNCIA DO ESTUDO.....	31
3.1.1 Espécie <i>Pinus taeda</i> L.	31
3.1.2 Área de abrangência do estudo.....	32
3.1.3 Quantificação da biomassa e carbono de <i>Pinus taeda</i> em campo e laboratório.....	33
3.2 CRIAÇÃO DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL.....	36
3.2.1 Simulação de diferentes regimes de manejo.....	36
3.2.2 Valor presente líquido por hectare dos diferentes regimes de manejo.....	39
3.3 DEFINIÇÃO DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL.....	41
3.3.1 Definição do cenário de reflorestamento.....	42
3.3.2 Definição do cenário de linha de base.....	43
3.3.3 Definição de critérios para a criação dos projetos florestais de MDL.....	44
3.4 CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA TARAM.....	46
3.5 SIMULAÇÃO DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL.....	50
3.5.1 Estimativa <i>ex ante</i> da remoção líquida de GEE da linha de base.....	50
3.5.2 Estimativa <i>ex ante</i> da remoção real líquida de GEE por sumidouros.....	53

3.5.2.1 Mudanças no estoque de carbono da biomassa viva de árvores.....	55
3.5.2.2 Aumento na emissão de GEE.....	58
3.5.3 Estimativa <i>ex ante</i> das Fugas.....	59
3.5.4 Estimativa <i>ex ante</i> da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros.....	61
3.5.5 Estimativa das Reduções Certificadas de Emissões (RCEs).....	62
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
4.1 SIMULAÇÃO DE DIVERSOS REGIMES DE MANEJO PARA <i>Pinus taeda</i> L.....	65
4.1.1 Valor presente líquido por hectare dos regimes de manejo.....	66
4.2 PROJETOS FLORESTAIS DE MDL.....	70
4.3 CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA TARAM.....	73
4.3.1 Planilha <i>Meth</i> da ferramenta TARAM V1.3.....	73
4.3.2 Planilha <i>Species</i> da ferramenta TARAM V1.3.....	73
4.3.3 Planilha <i>BLS1</i> da ferramenta TARAM V1.3.....	75
4.3.4 Planilha <i>SM1</i> da ferramenta TARAM V1.3.....	77
4.3.5 Planilha <i>Strata</i> da ferramenta TARAM V1.3.....	81
4.3.6 Planilha <i>AR-Plan</i> da ferramenta TARAM V1.3.....	82
4.3.7 Planilha <i>Pre-AR</i> da ferramenta TARAM V1.3.....	83
4.3.8 Planilha <i>Blexa</i> da ferramenta TARAM V1.3.....	84
4.3.9 Planilha <i>Aexa</i> da ferramenta TARAM V1.3.....	85
4.3.10 Planilha <i>Distance</i> da ferramenta TARAM V1.3.....	85
4.3.11 Planilha <i>LK</i> da ferramenta TARAM V1.3.....	85
4.3.12 Planilha <i>CERs</i> da ferramenta TARAM V1.3.....	87
4.3.13 Considerações sobre a ferramenta TARAM V1.3 e a metodologia AR-AM0005.....	88
4.4 SIMULAÇÃO DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL.....	90
4.4.1 Remoção líquida de GEE por sumidouros da linha de base.....	90
4.4.1.1 Manutenção da pastagem em seu estado atual.....	90
4.4.1.2 Reflorestamento executado a uma taxa de pré-projeto.....	91
4.4.1.3 Estimativa <i>ex ante</i> da remoção líquida de GEE da linha de base.....	93
4.4.2 Remoção real líquida de GEE por sumidouros.....	95
4.4.2.1 Mudanças no estoque de carbono da biomassa viva das árvores.....	95
4.4.2.2 Aumento na emissão de GEE.....	98
4.4.2.3 Estimativa <i>ex ante</i> da remoção real líquida de GEE por sumidouros.....	101
4.4.3 Estimativa <i>ex ante</i> das fugas do projeto.....	103
4.4.4 Estimativa <i>ex ante</i> da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros.....	104
4.4.5 Estimativa das Reduções Certificadas de Emissões (RCEs).....	110
4.4.6 Valor presente líquido por hectare dos projetos florestais de MDL.....	113
5 CONCLUSÕES.....	118
6 RECOMENDAÇÕES.....	120
REFERÊNCIAS.....	121

1 INTRODUÇÃO

Mudanças no clima global vêm sendo alvo de preocupações, mobilizando cientistas e autoridades do mundo inteiro. O aquecimento em nível global é ocasionado pela intensificação do efeito estufa e esse, por sua vez, é consequência do aumento da concentração dos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera.

A preocupação com a problemática do aquecimento global desencadeou uma série de discussões que iniciaram em 1992 durante a Rio92, onde foi estabelecida a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNUMC) – *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Após essa Convenção, os países signatários da mesma vêm se reunindo anualmente em encontros denominados Conferência das Partes (COP).

Um resultado concreto desses encontros, foi a criação do Protocolo de Quioto na terceira Conferência das Partes (COP 3), em Quioto (Japão), no qual se encontram definidas metas de redução das emissões de GEE para os países desenvolvidos e economias em transição. Esse Protocolo contempla três mecanismos de flexibilização que têm como objetivo fornecer um melhor custo-benefício aos países industrializados para alcançarem suas metas de redução de emissões de GEE, sendo um deles denominado de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) – *Clean Development Mechanism*.

Conforme o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) (2009), o MDL foi criado para auxiliar o processo de redução de emissões de GEE ou de remoção de carbono por parte dos países industrializados, sendo o único mecanismo que prevê a participação de países em desenvolvimento. Dentro das modalidades contempladas pelo MDL, encontram-se as atividades de florestamento/reflorestamento, únicas previstas para elaboração de projetos relacionados à mudança no uso da terra e florestas.

Desse modo, projetos de MDL na modalidade florestamento/reflorestamento (Projetos Florestais de MDL) podem ser conduzidos por países em desenvolvimento. De acordo com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) (2008), o Brasil tem grande potencial de uso da terra para esse fim, devido às extensas áreas desflorestadas e de terras com pastagem, agricultura e mineração.

Por meio dos projetos florestais de MDL, atividades de florestamento/reflorestamento são financiadas para remoção de carbono da atmosfera. Esses projetos representam uma oportunidade de implantação de atividades de florestamento/reflorestamento, que muitas vezes é inibida pela situação econômica e/ou política do país ou estado. O desenvolvimento de um projeto florestal de MDL contribui para o desenvolvimento ambiental, econômico e social da região, estado e/ou país em que é implantado, bem como, resulta em benefícios ao clima através da geração de estoques de carbono e remoção de GEE da atmosfera por meio de sumidouros adicionais que não ocorreriam na sua ausência.

Entretanto, a elaboração de um projeto florestal de MDL não é uma tarefa simples de ser realizada e requer o desenvolvimento de diversos procedimentos, sendo um deles a estimativa das remoções líquidas de GEE por sumidouros, bem como a estimativa das Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) conhecidas popularmente como “créditos de carbono”.

Existe uma série de metodologias aprovadas pelo Conselho Executivo do MDL que devem ser seguidas e aplicadas na elaboração de um projeto florestal de MDL, o que na maioria das vezes são processos complicados, visto que as metodologias aprovadas de MDL são de forma geral de difícil entendimento.

Visando facilitar a aplicação dessas metodologias, a equipe do *BioCarbon Fund* do Banco Mundial juntamente com o *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza* – CATIE (Centro Agronômico Tropical de Pesquisa e Educação), desenvolveram uma ferramenta denominada *Tool for Afforestation and Reforestation Approved Methodologies* – TARAM (Ferramenta para Metodologias Aprovadas de Florestamento e Reflorestamento), que permite calcular as remoções líquidas de GEE por sumidouros a partir de informações básicas de um projeto, como dados de crescimento de plantio e dados de emissões de GEE, fornecendo as estimativas necessárias de RCEs.

Portanto, o conhecimento a respeito da utilização dessa ferramenta e da aplicação das metodologias aprovadas de MDL é de fundamental importância para a elaboração e desenvolvimento de projetos florestais de MDL, e consequentemente fundamental para viabilização de atividades de reflorestamento com espécies florestais comerciais em resposta ao incentivo do MDL.

A ferramenta TARAM também tem a sua complexidade e o conhecimento a respeito da sua utilização é ainda muito escasso. O estudo e demonstração da utilização dessa ferramenta são de fundamental importância no auxílio à elaboração de projetos florestais de MDL. A maior clareza sobre a utilização da ferramenta incentiva o desenvolvimento desses projetos, que tanto podem contribuir no combate contra o aquecimento global, bem como ao desenvolvimento sócio-econômico de uma região ou país.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo foi customizar a ferramenta TARAM, por meio da aplicação da metodologia de MDL aprovada AR-AM0005, para projetos florestais de MDL com *Pinus taeda* L. na região extremo sul do Paraná, visando demonstrar a sua aplicação em projetos de suprimento de madeira de uso industrial/comercial.

1.1.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do presente estudo foram:

- a) simular a produção de diversos regimes de manejo com a espécie florestal *Pinus taeda*, a fim de selecionar o regime com maior valor presente líquido (VPL) por hectare para duas diferentes idades de corte raso;
- b) criar dois diferentes projetos florestais de MDL para a região extremo sul do Paraná, com base nos regimes de manejo selecionados;
- c) customizar a ferramenta TARAM para cada um dos projetos de MDL criados, por meio da aplicação da metodologia aprovada de MDL AR-AM0005;
- d) simular a remoção antrópica líquida de GEE e as RCEs para cada um dos projetos de MDL, por meio da ferramenta TARAM.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Mudanças no clima global são consideradas processos naturais que ocorrem em escala de tempo de milhares de anos, porém, o que tem preocupado cientistas e líderes mundiais são a velocidade e a intensidade com que têm ocorrido essas mudanças a partir da Revolução Industrial (CHANG, 2004). A maioria dos cientistas e políticos do mundo assume a existência de um aquecimento em nível global da atmosfera, que é consequência da intensificação do efeito estufa (BALBINOT, 2004).

O efeito estufa é um fenômeno físico que acontece naturalmente na atmosfera terrestre, devido à concentração de gases conhecidos como gases do efeito estufa (GEE). Conforme o CGEE (2008), o planeta Terra é uma estufa natural, pois há gases na atmosfera que não permitem, ainda que parcialmente, a emissão da radiação infravermelha (responsável pelo aquecimento da Terra) para fora da superfície terrestre. Dessa forma, de acordo com CGEE (2008), se não fosse o efeito estufa natural, a temperatura média da superfície da Terra seria cerca de 33 °C mais fria.

O aumento das emissões e concentrações de GEE na atmosfera intensifica o fenômeno do efeito estufa. Esse aumento deve-se em parte a atividades antrópicas. De acordo com o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (2001), as atividades humanas têm aumentado as concentrações atmosféricas de GEE e de aerossóis desde os tempos pré-industriais.

IPCC (2001) afirmou que a temperatura média global da superfície (ou seja, a temperatura média do ar perto da superfície terrestre e da temperatura da superfície do mar) tem aumentado desde 1861, sendo que durante o século XX, o aumento foi de $0,6 \pm 0,2$ °C. A nível global, o IPCC (2001) indicou que 1990 foi a década mais quente, sendo 1998 o ano mais quente.

Da mesma forma, durante a década de 1990, as concentrações atmosféricas dos principais GEEs antropogênicos, como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e ozônio (O₃), atingiram os níveis mais elevados registrados,

devido principalmente ao uso de combustíveis fósseis, agricultura e mudanças no uso da terra (IPCC, 2001).

Conforme Molion (1995)¹, citado por Chang (2004), o principal GEE emitido pelas ações antrópicas é o CO₂, responsável por 80% do aquecimento de causa antrópica, e resultante principalmente da queima de combustíveis fósseis como o carvão, petróleo e o gás natural. Segundo o mesmo autor, o segundo gás em importância antrópica é o CH₄, que é cerca de 20 vezes mais potente que o CO₂ e suas principais fontes antropogênicas estão na atividade agrícola, na fermentação das bactérias anaeróbicas associadas aos arrozais, na fermentação entérica dos ruminantes e na queima de biomassa.

As emissões de CO₂ no Brasil, provenientes da utilização de diversos tipos de combustíveis, cresceram vertiginosamente nos últimos 40 anos, porém os países desenvolvidos são os que mais contribuem para o aumento da concentração dos GEE (ROCHA, 2002). De acordo com Santilli (2000)², citado por Rocha (2002), em 1995 nos quadros de ranking dos maiores responsáveis pelas emissões totais de CO₂, o Brasil encontrava-se na 21ª posição, porém, ao incluir os desmatamentos e queimadas de florestas, o Brasil passou a ser o 5º maior emissor de GEE.

Conforme Gore (2009), os maiores contribuintes para o aquecimento global são a China e os Estados Unidos, porém a terceira e a quarta nação da lista são a Indonésia e o Brasil, devido, sobretudo o desflorestamento.

Com o aumento das concentrações de GEE na atmosfera e resultante aquecimento global, são notadas as consequências no planeta. Chang (2004) comentou que apesar de o aquecimento global ser um problema mundial, ele é sentido de forma diferente entre países e grupos sociais distintos, sendo que alguns perdem mais, outros menos, e alguns até ganham no curto prazo. O mesmo autor discorreu sobre os impactos do aquecimento global, onde destaca os efeitos adversos: diminuição da disponibilidade de água em zonas semiáridas; redução da produtividade agrícola nos trópicos e sub-trópicos; aumento do risco de inundações; aumento do nível do mar deslocando milhões de pessoas; aumento da incidência da mortalidade por estresse gerado pelo calor; e aumento do número de pessoas expostas a doenças transmissíveis por vetores. O autor ainda citou algumas

¹ MOLION, L. C. B. Um século e meio de aquecimento global. **Ciência Hoje**, v. 18, n. 107, p. 20-29, 1995.

² SANTILLI, M. **Círculo de giz**. Mimeo. 2000.

consequências que podem ser benéficas para regiões de média e alta latitude, como por exemplo, o aumento da produtividade agrícola.

2.2 CONVENÇÃO DO CLIMA

O início das discussões para tratar sobre as questões do aquecimento global e os impactos sobre a humanidade, ocorreu em 1992 durante a Rio92, onde foi estabelecida a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNUMC) – *United Nations Framework Convention on Climate Change* (ROCHA, 2002).

O texto da Convenção foi aprovado na sede das Nações Unidas, em Nova Iorque, em 9 de maio de 1992, sendo aberta para assinatura no Rio de Janeiro de 4 a 14 de junho de 1992, e posteriormente em Nova Iorque, de 20 de junho de 1992 a 19 de junho de 1993. A Convenção entrou em vigor em 21 de março de 1994 e até 16 de outubro de 2009, a Convenção recebeu 194 instrumentos de ratificação (*UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE* (UNFCCC), 2010a).

A Convenção estabelece um quadro geral dos esforços intergovernamentais para enfrentar o desafio representado pelas mudanças climáticas e reconhece que o sistema climático é um recurso compartilhado, cuja estabilidade pode ser afetada por emissões de CO₂ e outros GEEs (UNFCCC, 2010b).

O objetivo final da Convenção está especificado no Artigo 2 do texto da mesma e consiste em “alcançar a estabilização das concentrações de GEE na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático” (UNITED NATIONS, 1992). A Convenção estabelece ainda que “esse nível deverá ser alcançado num prazo suficiente que permita aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente à mudança do clima, que garanta a segurança da produção de alimentos e que permita ao desenvolvimento econômico prosseguir de maneira sustentável” (UNITED NATIONS, 1992).

Em síntese, nos termos da Convenção, os governos devem: i) coletar e compartilhar informações sobre as emissões de GEE; ii) lançar estratégias nacionais

para lidar com as emissões de GEE e de adaptação aos impactos esperados, incluindo o fornecimento de apoio financeiro e tecnológico aos países em desenvolvimento; e iii) cooperar com a adaptação aos impactos das alterações climáticas (UNFCCC, 2010b).

Para cumprimento do objetivo da Convenção, a mesma estabeleceu que os países do seu Anexo I devem tomar as iniciativas para o combate à mudança global do clima, retornando aos níveis anteriores aos de 1990, o nível das suas emissões de GEE por volta do ano 2000 (MCT, 2009).

Para atingir o objetivo da Convenção foram estabelecidas “responsabilidades comuns, porém diferenciadas” para as Partes (países) envolvidas na Convenção, sendo que para as “Partes do Anexo I” as responsabilidades incluem limitações das emissões de GEE (ROCHA, 2006).

As “Partes do Anexo I” são os países listados no Anexo I da Convenção, ou seja, países industrializados que contribuíram de forma mais significativa com as emissões de GEE. Os países não listados no Anexo I são conhecidos como “Partes não-Anexo I” e consistem em países em desenvolvimento (UNITED NATIONS, 1992). De acordo com *Institute for Global Environmental Strategies* (IGES) (2009), os países listados no Anexo I da Convenção são países desenvolvidos e economias em transição.

MCT (2009) afirmou que a responsabilidade comum foi estabelecida, visto que as mudanças climáticas são um problema global onde todos os países contribuem para a mudança global do clima e todos serão atingidos pelas suas consequências. Já a responsabilidade diferenciada foi estabelecida, pois alguns países são mais responsáveis pelo aquecimento global do que outros, uma vez que contribuíram mais para o problema devido às suas emissões históricas e atuais, e por terem mais possibilidades de enfrentar o problema, conforme suas capacidades econômicas e tecnológicas (MCT, 2009).

O órgão supremo da Convenção, ou seja, de maior poder de decisão é a Conferência das Partes (COP), representada pela associação de todos os países que são Partes (países signatários) da Convenção e é responsável por manter em curso os esforços internacionais para combater as alterações climáticas (UNFCCC, 2010c).

Uma das principais tarefas para a COP é rever as comunicações nacionais e inventários de emissões submetidos pelas Partes. A COP avalia os efeitos das medidas tomadas pelas Partes e os progressos na consecução do objetivo final da Convenção (UNFCCC, 2010c).

Desde 1995, a COP tem se reunido anualmente para discutir a problemática das mudanças climáticas. Até o momento foram realizados 15 encontros e o 15º realizou-se em dezembro de 2009, em Copenhague – Dinamarca.

2.3 PROTOCOLO DE QUIOTO

De acordo com Rocha (2002), dentre os encontros ocorridos, merece destaque a terceira sessão da Conferência das Partes (COP 3) realizada em Quioto – 1997, onde foi estabelecido um acordo entre as Partes, denominado Protocolo de Quioto, no qual se encontram definidas metas de redução das emissões de GEE para os países do Anexo B desse acordo (países do Anexo I da Convenção com compromissos de redução das emissões de GEE).

O Protocolo de Quioto é um acordo internacional, cuja principal característica é a definição de objetivos vinculativos de redução de GEE para 37 países industrializados e da Comunidade Européia (UNFCCC, 2010d). A principal distinção entre o Protocolo e a Convenção é que, enquanto a Convenção incentivou os países industrializados para estabilizar as emissões de GEE, o Protocolo obrigou-os a fazê-lo (UNFCCC, 2010d). Conforme MCT (2009), esse Protocolo foi criado depois de concluído que a grande maioria dos países desenvolvidos não conseguiria retornar suas emissões aos níveis de 1990 por volta do ano 2000.

A partir dessa conclusão, ocorrida em Berlim – 1995, na 1ª Conferência da Partes (COP 1), foi estabelecida uma Resolução, denominada Mandato de Berlim, com o objetivo de rever esses compromissos, estabelecendo que os países desenvolvidos deveriam criar um Protocolo de metas quantitativas de redução de emissões, bem como descrever as políticas e medidas que seriam necessárias para alcançar essas metas (MCT, 2009).

O Protocolo de Quioto estabelece no Artigo 3 do seu texto, que os países industrializados devem reduzir suas emissões em pelo menos 5% abaixo dos níveis de 1990 entre 2008-2012, ou seja, o primeiro período de compromisso (UNITED NATIONS, 1998).

O Protocolo define também os GEEs e esses estão listados no seu Anexo A, quais sejam: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), perfluorcarbonetos (PFCs), hidrofluorcarbonos (HFC), e o hexafluoreto de enxofre (SF₆), (UNITED NATIONS, 1998).

As Partes do Anexo I têm diferentes tetos de emissão de GEE, chamado de “quantidades atribuídas”, para o período de cinco anos (2008 a 2012). As emissões do ano-base são principalmente as emissões de GEE agregadas de uma Parte em 1990, embora os países possam usar 1995 como ano-base para os HFCs, PFCs e SF₆ (IGES, 2009).

O texto do Protocolo foi aprovado na COP 3 (Quioto – Japão), em 11 de dezembro de 1997, e foi aberto à assinatura em 16 de março de 1998 a 15 de março de 1999 nas Nações Unidas, Nova York. As regras para a implementação do Protocolo foram aprovadas na COP 7 em Marraqueche, em 2001, sendo denominadas de "Acordos de Marraqueche" (UNFCCC, 2010e).

O Protocolo está sujeito a ratificação, aceitação, aprovação ou adesão pelas Partes da Convenção e entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005, ou seja, quando 190 países depositaram seus instrumentos de ratificação, aceitação, aprovação ou adesão, totalizando 63,7% do total de emissões de CO₂ em 1990 das Partes do Anexo I (UNFCCC, 2010e).

2.4 MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO

Os países com os compromissos assumidos no Protocolo de Quioto para limitar ou reduzir as emissões de GEE devem atingir os seus objetivos principalmente através de medidas nacionais. Entretanto, como um meio flexibilizar o alcance dessas metas, o Protocolo introduziu três mecanismos baseados no

mercado, criando o conhecido “mercado de carbono”, instrumento fundamental para a redução das emissões a nível mundial (UNFCCC, 2010f).

Conforme UNFCCC (2010d), os mecanismos de Quioto são: i) Comércio de Emissões (CE), conhecido como "mercado de carbono"; ii) Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL); e iii) Implementação Conjunta (IC).

Os mecanismos de Quioto devem: i) estimular o desenvolvimento sustentável através da transferência de tecnologia e investimento; ii) ajudar os países com os compromissos de Quioto a alcançar os seus objetivos de redução de emissões ou remoção de carbono da atmosfera; e iii) incentivar o setor privado e os países em desenvolvimento a contribuir com os esforços de redução de emissões (UNFCCC, 2010f).

No Protocolo de Quioto, o objetivo do MDL ficou definido no Artigo 12 do seu texto e consiste em auxiliar às Partes não-Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, bem como auxiliar as Partes do Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3 do Protocolo (UNITED NATIONS, 1998).

O Artigo 12 do Protocolo de Quioto, a respeito do MDL, também assume que as Partes não-Anexo I beneficiar-se-ão de atividades de projetos que resultem em créditos, e as Partes do Anexo I poderão utilizar esses créditos, para contribuir com o cumprimento de parte de seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3 (UNITED NATIONS, 1998).

Conforme MCT (2009), o MDL é o único mecanismo de Quioto que permite a participação de partes não Anexo I, tais como o Brasil, e incentiva o fluxo de recursos e transferência de tecnologia das Partes do Anexo I para Partes não-Anexo I, sem comprometer a oportunidade legítima de crescimento econômico e bem-estar social dos países em desenvolvimento.

Dessa forma, o mecanismo estimula o desenvolvimento sustentável e a redução de emissões, ao mesmo tempo em que os países industrializados recebem alguma flexibilidade na forma como cumprem os seus objetivos de redução de emissões ou limitação (UNFCCC, 2010g).

O órgão de decisão máxima do MDL é a Conferência das Partes (COP), estando o Conselho Executivo do MDL subordinado a esse órgão e dele recebe

orientações por meio de decisões e resoluções publicadas em relatórios da COP (IGES, 2009).

Durante a COP 7 em novembro de 2001, foi estabelecida a regulamentação complementar necessária para a implementação do MDL, fazendo parte dos Acordos de Marraqueche, e essa foi sendo complementada nas COPs subsequentes, ou seja, na COP 8 foram regulamentados os projetos de pequena escala, na COP 9 os projetos florestais e na COP10 os projetos florestais de pequena escala (MCT, 2009).

Assim, no âmbito do MDL há algumas modalidades onde podem ser desenvolvidas atividades de projeto, como por exemplo: MDL de pequena escala, MDL de florestamento e reflorestamento (projetos florestais de MDL) e Programa de atividades no âmbito do MDL. Conforme MCT (2009), no que se refere aos projetos de MDL relacionados à remoção de GEE, os Acordos de Marraqueche determinaram que, durante o primeiro período de compromisso, as atividades de uso da terra, mudança no uso da terra e florestas (sumidouros) restringem-se a florestamento e reflorestamento.

O MDL é supervisionado pelo Conselho Executivo do MDL e é operacional desde o início de 2006. O mecanismo já registrou mais de 1.650 projetos e está previsto para produzir RCEs no valor de mais de 2,9 bilhões de toneladas de CO₂ equivalente no primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto (UNFCCC, 2010g).

2.4.1 Gases de efeito estufa e mudanças no uso da terra

Alguns GEEs são constituídos de carbono (C) em sua estrutura, como metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), hidrofluorcarbonos (HFCs) e perfluorcarbonos (PFCs).

O carbono circula através dos oceanos, da atmosfera, do solo e subsolo. Qualquer atividade que cause mudança na quantidade de biomassa vegetal e no solo tem o potencial de alterar a quantidade de carbono armazenada e emitida para

a atmosfera, influenciando diretamente a dinâmica do clima da terra (RÜGNITZ TITO *et al.*, 2009).

Os oceanos e ecossistemas terrestres representam sumidouros de carbono e estão relacionados com a mitigação das emissões de GEEs. Os oceanos podem sequestrar carbono através da incorporação de CO₂ atmosférico pela fotossíntese e pela dissolução na forma de carbonatos, enquanto os ecossistemas terrestres podem sequestrar carbono através da incorporação de CO₂ atmosférico pela fotossíntese (CGEE, 2008).

O ciclo global do carbono é reconhecido como um dos mais importantes ciclos biogeoquímicos da Terra devido ao seu papel na regulação da concentração atmosférica de gás carbônico (ROCHADELLI, 2001).

Como os ecossistemas terrestres representam sumidouros capazes de fixar carbono atmosférico, intervenções antrópicas relacionadas com o uso da terra e florestas podem mitigar ou agravar a concentração de GEEs na atmosfera. De acordo com Rüginitz Tito *et al.* (2009), as ações antrópicas que contribuem com o desequilíbrio do ciclo de carbono é o desmatamento, incêndios, gases industriais e queima de combustíveis.

Gore (2009) comentou que a destruição de florestas tem um duplo impacto sobre a crise do clima, ou seja, a maior parte do carbono contido nas árvores é emitido para a atmosfera e o planeta perde uma parte da sua capacidade de reabsorver carbono.

As florestas desempenham papel significativo na atual problemática do ciclo global do carbono, devido a sua capacidade de manter por longo prazo quantidades de carbono na vegetação, trocando carbono com a atmosfera por meio da fotossíntese e da respiração (ROCHADELLI, 2001).

Conforme Hosokawa *et al.* (1998), para atenuar a intensificação do efeito estufa provocado pela emissão de CO₂, uma das possibilidades concretas seria a implantação de megareflorestamentos, sendo várias as razões: é provavelmente o procedimento mais barato; permite monitoramento e otimização da produtividade na assimilação do CO₂; trata-se de um processo de ciclagem bioenergético, não apresentando efeitos colaterais; é um dos poucos, senão o único, mecanismo significativo de reversão da entropia positiva que a natureza nos concede; possibilita

a estocagem de CO₂ e também permite a produção de benefícios diretos, desde que se implante uma base florestal de estocagem e produção contínua.

Dessa forma, o emprego de técnicas de manejo florestal, manejo de áreas de cultivo ou de pastagens e recuperação de solos degradados podem reduzir emissões ou promover a remoção de GEE por sumidouros (CGEE, 2008).

Conforme CGEE (2008), a indução de florestamento ou revegetação de áreas desflorestadas/desmatadas resulta na formação de estoques de carbono em formações florestais e é benéfica para recuperação ambiental, contribuindo com uma série de serviços ambientais como o aumento do habitat para a biodiversidade, o controle de pragas e incêndios, a conservação do solo e água pela redução de erosão e assoreamento, entre outros.

O mesmo autor citou ainda que atividades de florestamento e reflorestamento contribuem economicamente, por meio do aumento da oferta dos produtos florestais destinados à coleta, alimentação e utilização industrial/comercial, bem como, contribuem ecologicamente por meio da redução da pressão sobre as florestas nativas.

2.5 PROJETOS DE MDL

Para implementação de um projeto de MDL é necessário o cumprimento de uma série de etapas que constituem o ciclo de projeto de MDL (FIGURA 1). Um projeto de MDL é elaborado e implementado pelos Participantes do Projeto (PP), sendo que esses podem ser: (a) uma Parte envolvida; e/ou (b) uma entidade privada e/ou pública autorizada pela Parte envolvida a participar da atividade de projeto de MDL. A participação em uma atividade de projeto de MDL deve ser voluntária e o país onde a mesma é implementada é chamado de país ou Parte anfitriã (IGES, 2009).

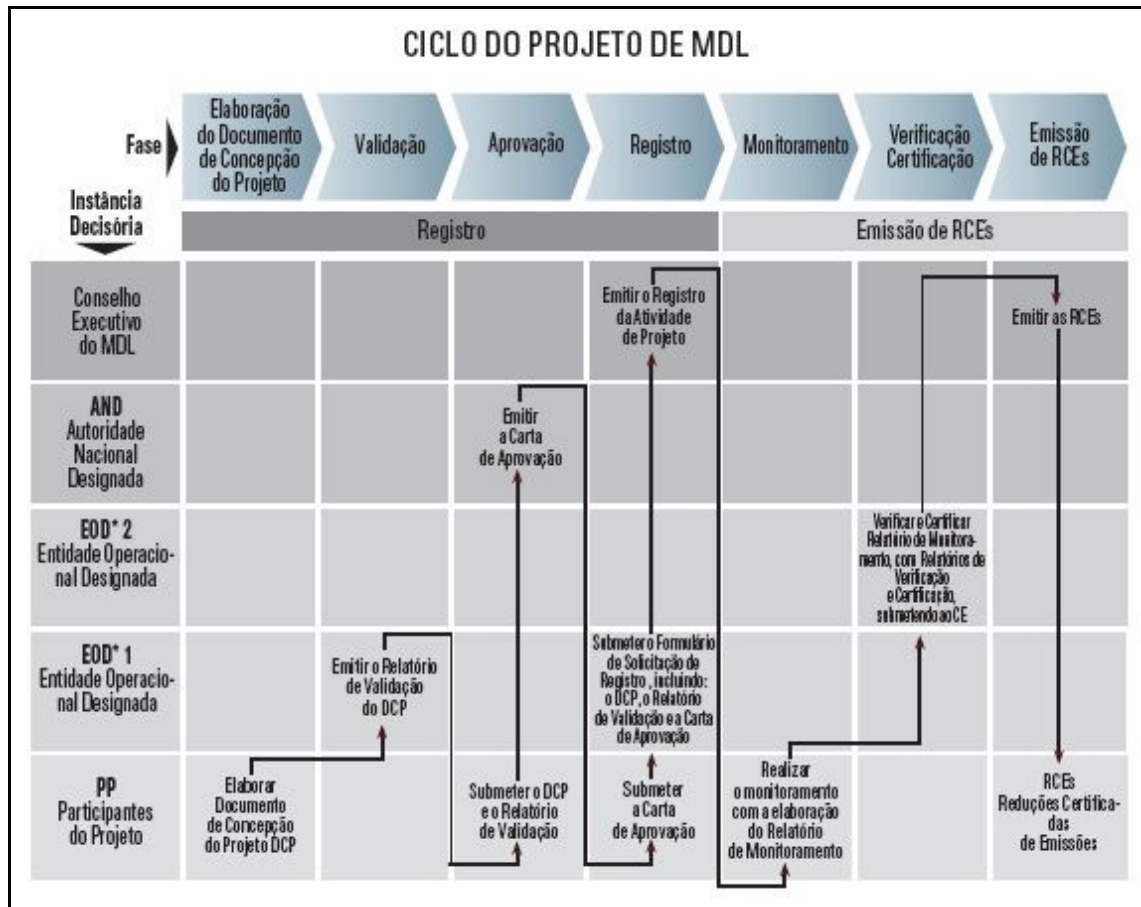


FIGURA 1 – ETAPAS QUE CONSTITUEM O CICLO DE UM PROJETO DE MDL
 FONTE: MCT (2009)

Conforme MCT (2009), os projetos de MDL para serem elegíveis devem cumprir com uma série de critérios como: a) reduzir as emissões de GEE, ou promover a remoção de CO₂, de forma adicional ao que ocorreria na ausência da atividade de projeto registrada como do MDL; b) contribuir para os objetivos de desenvolvimento sustentável definidos pelo país anfitrião; c) participar voluntariamente do MDL; d) descontar o aumento de emissões de GEE que ocorrem fora dos limites das atividades de projeto e que sejam mensuráveis e atribuíveis a essas atividades (fuga); e) levar em consideração a opinião de todos os atores (*stakeholders*) que têm interesse nas atividades de projeto e que deverão ser consultados a esse respeito; f) documentar a análise dos impactos ambientais e, caso existam, fazer estudo de impacto ambiental de acordo com os procedimentos da Parte anfitriã; g) proporcionar benefícios mensuráveis, reais e de longo prazo relacionados com a mitigação dos efeitos negativos da mudança global do clima; h) estar relacionada aos gases e setores definidos no Anexo A do Protocolo de Quioto ou se referir às atividades de projetos de reflorestamento e florestamento; e i) obter

as Cartas de Aprovação do(s) país(es) referente(s) a cada participante da atividade do projeto.

2.5.1 Conceitos fundamentais relacionados aos projetos de MDL

Para a elaboração de um projeto de MDL, nas suas fases de planejamento da atividade do projeto e elaboração do Documento de Concepção do Projeto (DCP) é necessário o entendimento de alguns conceitos como:

- a) *Linha de base*: representa de forma razoável as emissões antrópicas de GEE por fontes que ocorreriam na ausência da atividade do projeto proposto, devendo cobrir emissões de todos os gases emitidos por setores e fontes que estejam dentro do limite do projeto (MCT, 2009).

Complementa-se ainda que, no âmbito da modalidade florestamento e reflorestamento, a linha de base representa as remoções antrópicas de GEE por sumidouros que ocorreriam na ausência da atividade do projeto proposto. De acordo com Rüginitz Tito *et al.* (2009), linha de base é o “cenário de referência”, no qual não se considera a intervenção causada pelo projeto. Os mesmos autores afirmaram que, baseado na definição do IPPC, a linha de base pode ser entendida como o patamar de referência que permitirá determinar se o projeto resultará em reduções adicionais de emissões de carbono ou remoções adicionais de carbono por sumidouros.

IGES (2009) complementou que a diferença entre as emissões de GEE da linha de base e as emissões de GEE após a implementação da atividade do projeto de MDL (emissões do projeto) são as reduções de emissões, conforme ilustrado na FIGURA 2.

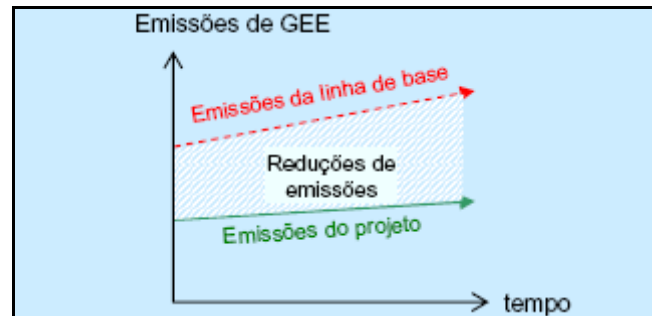


FIGURA 2 – DIFERENÇA ENTRE AS EMISSÕES DE GEE DA LINHA DE BASE E AS EMISSÕES DE GEE DO PROJETO

FONTE: IGES (2009)

- b) *Adicionalidade*: ocorre quando emissões antrópicas de GEE por fontes são reduzidas a níveis inferiores aos que teriam ocorrido na ausência da atividade de projeto de MDL registrada (IGES, 2009).

No caso de uma atividade de projeto de florestamento ou reflorestamento, o projeto será adicional se a remoção real líquida de GEE por sumidouros for aumentada, ultrapassando a soma das mudanças nos estoques de carbono que teriam ocorrido na ausência da atividade de projeto registrada (MCT, 2009).

Um projeto proposto só é considerado adicional se a atividade de projeto for executada com a expectativa de receber seus “créditos de carbono” (recurso financeiro adicional), assim sua implantação deve estar vinculada necessariamente ao registro como uma atividade de MDL (MCT, 2009). Quando outros benefícios financeiros existem, é preciso provar que a atividade do projeto proposto não seria realizada sem os recursos provenientes do MDL (MCT, 2009). Em outras palavras, um projeto será considerado adicional quando puder comprovar ou demonstrar que não teria sido implementado na ausência dos incentivos relacionados ao MDL, sejam eles de cunho econômico ou tecnológico (CGEE, 2008).

2.6 PROJETOS FLORESTAIS DE MDL

Conforme MCT (2009), os projetos florestais de MDL diferem-se dos projetos de MDL de redução de emissões por serem desenvolvidos com o objetivo de remover CO₂ da atmosfera pelo processo de fotossíntese das florestas formadas a partir de ações antrópicas de florestamento e reflorestamento.

O passo inicial e um ponto bastante importante no desenvolvimento de um projeto florestal de MDL é a avaliação da elegibilidade da terra onde se pretende implantar a atividade do projeto. Dessa forma, torna-se necessário entender o conceito de elegibilidade e conhecer os procedimentos adequados para demonstração da mesma.

De acordo com MCT (2009), a elegibilidade da área consiste na ausência de floresta em 31 de dezembro de 1989, para projetos de reflorestamento, ou há pelo menos 50 anos, no caso de florestamento.

Assim, para demonstrar a elegibilidade da área é necessário demonstrar se a atividade de projeto é de florestamento ou reflorestamento (IGES, 2009). Conforme MCT (2009), **florestamento** é a conversão de uma área que permaneceu sem floresta por um período de pelo menos 50 anos para uma área com floresta, induzida diretamente pelo homem por meio de plantio, semeadura e/ou promoção de fontes naturais de sementes, e **reflorestamento** é a conversão de área que não era floresta em 31 de dezembro de 1989 para uma área com floresta, induzida diretamente pelo homem por meio de plantio, semeadura e/ou estímulo induzido pelo homem de fontes naturais de sementes, ou seja, o conceito de reflorestamento aplica-se a área que antes continha floresta.

Os procedimentos para demonstrar a elegibilidade das terras consistem na demonstração que a terra no momento do início do projeto não contém florestas, fornecendo evidências e informações transparentes de que: i) a vegetação na terra está abaixo dos patamares adotados para floresta pelo país anfitrião; ii) todas as formações naturais jovens e todas as plantações na terra não devem alcançar a cobertura mínima de copa e altura mínima escolhidas pelo país anfitrião para definir floresta; e iii) a terra não está temporariamente sem estoques, em consequência da intervenção humana (IGES, 2009).

A elegibilidade é avaliada dessa forma para demonstrar que a área não está temporariamente desestocada, ou seja, de que não reverterá para floresta, através de ação humana ou não (regeneração natural), ressaltando que não são elegíveis áreas que possam atingir, sem interferência humana, os limites mínimos de florestas (MCT, 2009).

Para tanto, uma floresta para fins do MDL é uma área mínima de terra de 0,05 a 1,0 hectare (no Brasil, 1,0 hectare), com cobertura de copa (ou estoque

equivalente) de mais de 10 a 30% (no Brasil, 30%), com árvores com o potencial de atingir uma altura mínima de 2 a 5 metros (no Brasil, 5 metros) no estágio de maturidade no local (MCT, 2009).

De acordo com CGEE (2008), as atividades florestais de MDL têm grande potencial de aplicação no Brasil, devido à existência de grandes extensões de terras desflorestadas, utilizadas intensivamente para pastagem, agricultura e mineração, que posteriormente ficam abandonadas sem condições ambientais para a regeneração natural.

2.6.1 Reduções Certificadas de Emissões (RCEs)

Os créditos gerados nas atividades de projeto de MDL são chamados de Reduções Certificadas de Emissões (RCEs), e essas são emitidas com base em atividades conduzidas durante o período de 2000 a 2012 podendo ser usadas pelas Partes do Anexo I para atenderem suas metas de redução de GEE no primeiro período de compromisso, conforme definido no Artigo 12 do Protocolo de Quioto (UNITED NATIONS, 1998).

Quanto à certificação das reduções de emissões, o Protocolo de Quioto define no seu artigo 12 que as reduções de emissões resultantes de cada atividade de projeto devem ser certificadas por entidades operacionais a serem designadas pela Conferência das Partes, com base em: (a) participação voluntária aprovada por cada Parte envolvida; (b) benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima, e (c) reduções de emissões que sejam adicionais as que ocorreriam na ausência da atividade certificada de projeto (UNITED NATIONS, 1998).

As Partes do Anexo I podem usar as RCEs como forma de contribuir para o cumprimento de suas metas quantificadas de redução de emissões de GEE no âmbito do Protocolo de Quioto, porém como consequência, o limite de emissões das Partes do Anexo I aumenta (IGES, 2009).

A RCE é uma unidade emitida pelo Conselho Executivo do MDL correspondente a cada tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) que é

removida ou reduzida da atmosfera, decorrentes da atividade do projeto de MDL (MCT, 2009).

Conforme CGEE (2008), a RCE é o registro numérico no sistema de anotações das transações internacionais da Convenção do Clima de uma determinada atividade de projeto. A RCE formaliza a existência de um crédito de emissão de GEE, com lastro na certificação da redução física correspondente a atividade de projeto implementada.

Na elaboração de um projeto de MDL espera-se que haja um participante de projeto pertencente ao Anexo I e outro ao não-Anexo I desde o início do projeto, o que várias vezes não ocorre na prática, sendo os projetos desenvolvidos apenas por participantes de Partes não-Anexo I, como é o caso da maior parte dos projetos brasileiros registrados pelo Conselho Executivo do MDL, sendo conhecidos como “projetos unilaterais” (MCT, 2009).

O MDL não prevê uma vinculação direta ou necessária que obrigue uma empresa que está desenvolvendo um projeto de MDL a negociar, de forma antecipada ou a qualquer tempo, possíveis RCEs que venham a ser emitidas para o projeto (CGEE, 2008). Porém, o mesmo autor afirmou que de qualquer forma, o projeto deve considerar de forma explícita as possíveis receitas do MDL antes de ser tomada a decisão de promover o investimento.

Uma atividade de projeto de MDL visa à utilização final das RCEs pelas Partes do Anexo I para cumprimento de parte de suas metas, e em algum momento esse benefício externo será internalizado na forma de entrada de recursos prevista desde o início da concepção do projeto (MCT, 2009). Finalmente, o proponente do projeto terá a oportunidade de receber o benefício integral da venda das RCEs, popularmente conhecidas como “créditos de carbono”, pelo preço de mercado (MCT, 2009).

As atividades de um projeto florestal de MDL diferem-se mais significativamente das atividades de projeto de redução de emissões de GEE no âmbito do MDL pela problemática da chamada “não-permanência”, ou seja, devido ao fato de que a remoção por atividades de florestamento ou reflorestamento promove um armazenamento temporário de carbono, enquanto a redução de emissões é permanente (MCT, 2009). Conforme o mesmo autor, isso ocorre devido à vulnerabilidade das florestas a eventos extremos, pestes, e a própria mudança

global do clima podendo não garantir que o carbono estocado nas florestas estará a salvo de pragas, desastres naturais ou intervenções humanas que poderão devolver o CO₂ armazenado, para a atmosfera.

Diante dessa condição, a questão da não-permanência é tratada com a criação de dois tipos de RCEs, ou seja, RCE temporárias (RCEt) e RCE de longo prazo (RCEl) (IGES, 2009).

Conforme MCT (2009), RCEt é uma RCE temporária, emitida para uma atividade de projeto de florestamento/reflorestamento, que expira ao final do período de compromisso subsequente àquele no qual foi emitida. O mesmo autor afirmou que, antes deste limite final, uma nova verificação quantificará o estoque de carbono existente nos limites do projeto e as RCEt correspondentes serão emitidas. Dessa forma, quaisquer alterações ocorridas durante o período de compromisso serão contempladas (FIGURA 3).

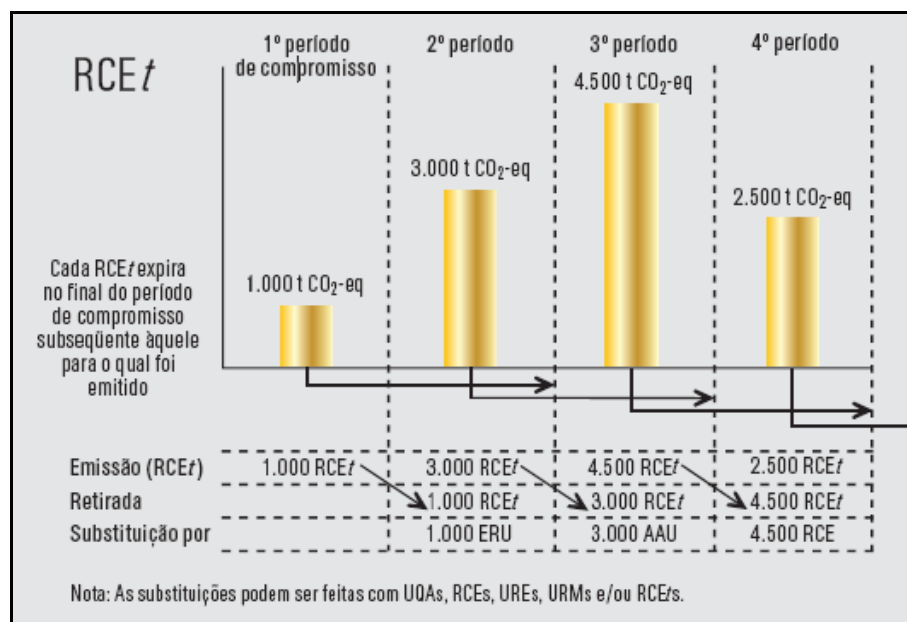


FIGURA 3 – ILUSTRAÇÃO EXPLICATIVA DAS RCE TEMPORÁRIAS (RCEt)
 FONTE: MCT (2009)

Já as RCEs de longo prazo (RCEl) são emitidas para uma atividade de projeto de florestamento/reflorestamento que expira ao final do período de obtenção de créditos da atividade de projeto para a qual tenha sido emitida, ou quando um período renovável de obtenção de créditos for selecionado, conforme FIGURA 4 (MCT, 2009).

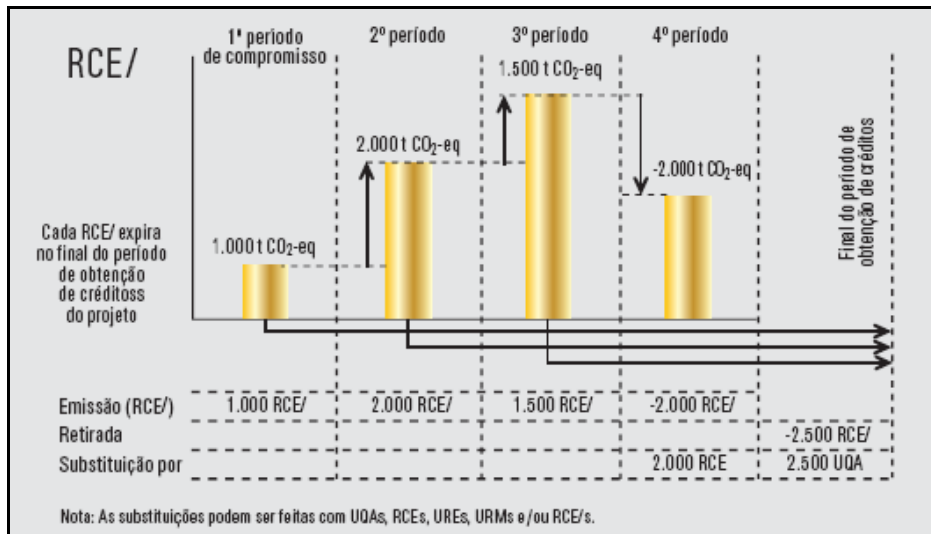


FIGURA 4 – ILUSTRAÇÃO EXPLICATIVA DAS RCE DE LONGO PRAZO (RCEI)
 FONTE: MCT (2009)

2.6.2 Mercado de carbono

Os mecanismos de mercado de Quioto (Comércio de Emissões - CE, Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL e Implementação Conjunta -IC) foram importantes indutores para a formação de um novo mercado ambiental, o mercado de carbono (CGEE, 2008). O mesmo autor afirmou que o Protocolo de Quioto criou um mercado internacional, onde as reduções de emissões de GEE e a remoção atmosférica de CO₂ poderiam ser comercializadas entre países por meio de “créditos de carbono”.

As transações de créditos de carbono podem ocorrer das seguintes formas: i) doação ou compra para entrega futura ou vendas antecipadas (ex: *ex ante*) de forma que os recursos são entregues de início; ii) pagamento baseado na verificação ou certificação de forma que os recursos são entregues só depois (ex: *ex post*); e iii) pagamento adiantado e na entrega, porém com preço geralmente menor (VITALE, 2008).

Além do mercado de Quioto, foram também criados outros mercados em países que não ratificaram o Protocolo, contudo, os principais mercados de carbono são o de Quioto e, em especial, o *European Union Emissions Trading Scheme* (EU

ETS), onde são comercializadas permissões para emissão entre os países da União Européia (CGEE, 2008).

De acordo com o relatório *State and Trends of the Carbon Market 2009* do Banco Mundial citado pelo Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI) (2010), as transações com carbono somaram US\$126,45 bilhões em 2008, o dobro do valor negociado em 2007.

No que se refere aos preços pagos pelas RCEs, observa-se uma variação bastante grande em função da posição em que o projeto se encontra no ciclo de aprovação e registro, ou seja, os projetos que ainda não obtiveram a emissão das RCE são comercializados com preços bastante inferiores aos projetos que já obtiveram as RCE (CGEE, 2008).

Dessa forma, denomina-se de mercado primário a negociação de crédito de carbono ainda não emitido e de mercado secundário a negociação de crédito de carbono já emitido. Conforme CGEE (2008), o mercado secundário de RCE consiste primordialmente de portfólios de RCE com entrega garantida, oferecidos por empresas com alta credibilidade no mercado, assim uma vez que existe a garantia da entrega, o comprador está isento dos riscos de desempenho do projeto, e assim os preços cobrados tendem a serem maiores.

Já no mercado primário de RCE, a entrega não é garantida, uma vez que anterior à emissão das RCE existem riscos associados à validação, aprovação, registro e também verificação e certificação do projeto de MDL (CGEE, 2008).

2.6.3 Metodologias aprovadas para projetos florestais de MDL

Para elaboração e implementação de um projeto florestal de MDL, os participantes do projeto devem seguir uma **metodologia de linha de base e de monitoramento**. Portanto, a elaboração de um Documento de Concepção do Projeto (DCP) deve adotar como base uma metodologia aprovada pelo Conselho Executivo do MDL. Existe uma série de metodologias e ferramentas aprovadas que devem ser utilizadas por parte dos participantes do projeto.

Conforme MCT (2009) e IGES (2009), os participantes do projeto podem optar por escolher uma metodologia já existente ou propor uma nova.

Até o momento, há 9 metodologias de linha de base aprovadas pelo Conselho Executivo do MDL para elaboração de projetos na modalidade florestamento e reflorestamento, chamadas de “*approved afforestation and reforestation baseline methodology*”. A seguir está apresentado o QUADRO 1 com o título das 9 metodologias de MDL aprovadas para projetos florestais de MDL de larga escala, conforme UNFCCC (2010h).

Metodologia	Título
AR-AM0002	Recuperação de terras degradadas por meio de florestamento/reflorestamento (Versão 3)
AR-AM0004	Florestamento ou Reflorestamento de terras atualmente sob uso agrícola (Versão 4)
AR-AM0005	Atividades de projeto de florestamento e reflorestamento implementadas para usos industrial e/ou comercial (Versão 4)
AR-AM0006	Florestamento/Reflorestamento com árvores entremeadas por arbustos em terras degradadas (Versão 3)
AR-AM0007	Florestamento e reflorestamento de terras atualmente sob uso agrícola ou pecuário (Versão 5)
AR-AM0009	Florestamento ou reflorestamento em terras degradadas que permitam atividades silvipastoris (Versão 4)
AR-AM0010	Atividades de projeto de florestamento e reflorestamento implementadas em pastagens não-manejadas em áreas de reserva/proteção ambiental (Versão 4)
AR-ACM0001	Florestamento e reflorestamento de terras degradadas (Versão 3)
AR-ACM0002	Florestamento ou reflorestamento de terras degradadas sem a substituição das atividades pré-projeto (Versão 1)

QUADRO 1 – TÍTULO DAS 9 METODOLOGIAS DE MDL APROVADAS PARA PROJETOS FLORESTAIS DE MDL DE LARGA ESCALA
 FONTE: UNFCCC (2010h)

A metodologia de MDL aprovada a ser selecionada deve estar de acordo com as exigências do agente comprador (mercado) com o qual se pretende negociar os “créditos de carbono”, assim como com as diretrizes e regras nacionais e internacionais (RÜGNITZ TITO *et al.*, 2009).

Conforme CGEE (2008), as metodologias atualmente aprovadas podem ser utilizadas no Brasil, bastando apenas que as atividades de projeto estejam de acordo com as condições de aplicabilidade de cada metodologia.

2.6.4 Ferramentas aplicadas em projetos florestais de MDL

O progresso referente às negociações relacionadas com atividades florestais no âmbito da Convenção para ambas as Partes do Anexo I e do não-Anexo I ocorreu nos últimos anos por meio dos estudos e publicações do IPCC. Em adição ao trabalho do IPCC, ferramentas e instrumentos para elaboração de projetos florestais de MDL foram disponibilizados (ROBLEDO e BLASER, 2008).

A aplicação de metodologias aprovadas em projetos florestais de MDL requer a execução de uma sequência de cálculos para a estimativa das remoções de GEE. As ferramentas e instrumentos criados facilitam a resolução desses cálculos.

Conforme *Voluntary Carbon Standard (VCS)* (2007), as ferramentas utilizadas para elaboração de projetos florestais de MDL podem ser classificadas em dois tipos:

- a) *Componentes de uma metodologia*: são consideradas componentes de uma metodologia e consistem em um módulo autônomo metodológico para realizar uma tarefa específica;
- b) *Ferramentas de cálculo*: são planilhas e/ou *softwares* que executam tarefas de cálculo de acordo com uma metodologia aprovada.

De acordo com o *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)* (2009a), os procedimentos de seleção e aplicação de uma metodologia aprovada pelo Conselho Executivo do MDL são necessários para a obtenção de Reduções Certificadas de Emissões (RCE) e são procedimentos difíceis de realizar, entretanto, foram simplificados com o desenvolvimento de duas ferramentas de cálculo:

- a) *MDL Assistant*: é um programa de computador chamado *MDL Wizard*, que visa facilitar a seleção da metodologia aprovada mais adequada para um projeto florestal de MDL em particular. Consiste em quatro etapas, onde são inseridas informações sobre aplicabilidade geral, reservatórios de carbono, emissões e perdas de um determinado projeto. Essas informações são comparadas com as metodologias aprovadas e então, o

programa recomenda as metodologias parcial ou totalmente adaptadas ao projeto de MDL específico (CATIE, 2009a).

- b) *Tool for Afforestation and Reforestation Approved Methodologies* – TARAM (Ferramenta para Metodologias Aprovadas de Florestamento e Reflorestamento): ferramenta constituída por um conjunto de planilhas Excel.

A ferramenta TARAM permite estimativas das remoções de GEE a partir de informações básicas sobre um projeto, por exemplo, dados de crescimento de plantio e dados de emissões de GEE, fornecendo as estimativas necessárias de RCE em projetos florestais (CATIE, 2009a).

Essa ferramenta foi desenvolvida em conjunto pela equipe do *BioCarbon Fund* do Banco Mundial e pelo Grupo de Mudança Global do *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza* – CATIE (Centro Agrônômico Tropical de Pesquisa e Educação).

O *BioCarbon Fund* é uma iniciativa pública/privada administrada pelo Banco Mundial. É um dos fundos criados pela *The World Bank Carbon Finance Unit* (Unidade de Financiamento de Carbono do Banco Mundial) e tem como objetivo proporcionar uma eficaz redução de emissões de GEE, promovendo simultaneamente a conservação da biodiversidade e redução da pobreza (CARBON FINANCE, 2009). O CATIE, por sua vez, é uma instituição que combina ciência, ensino de pós-graduação e assistência técnica que visa contribuir para a redução da pobreza rural através da gestão integrada da agricultura e preservação ambiental (CATIE, 2009b).

2.7 O GÊNERO PINUS E A ESPÉCIE FLORESTAL *Pinus taeda* L.

2.7.1 Situação do gênero Pinus no setor florestal do Brasil e do Paraná

Conforme informações da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF) (2009), expostas no Anuário Estatístico – Ano Base 2008, o Brasil conta com um total estimado de 6.583.074 ha de áreas com plantações das principais espécies cultivadas. As áreas plantadas com Pinus e Eucalipto as mais representativas no Brasil, acumulando em 2008 um total de 6.126.000 ha (ABRAF, 2009).

O Paraná é o responsável pelo total estimado de 857.328 ha (aproximadamente 4,3% do território do Estado) de florestas plantadas com Pinus e Eucalipto em 2008, atingindo 3º lugar no ranking dos estados (14% da área de florestas plantadas do Brasil). Com relação à área plantada com Pinus no Brasil (1.867.680 ha), ano base 2008, 38% correspondem ao estado do Paraná, perfazendo aproximadamente 714.893 ha, o que lhe confere a maior área com Pinus dentre os estados brasileiros (ABRAF, 2009). Além disso, a produção de madeira de Pinus em tora concentra-se nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, as quais correspondem a 93% da produção sustentável de Pinus nacional (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA (SBS), 2007).

Conforme SBS (2007), a atividade florestal à base de produtos da madeira divide-se nos segmentos: celulose e papel, papelão ondulado, siderurgia a carvão vegetal, móveis e madeira processada mecanicamente (madeira serrada, painéis reconstituídos, compensados e laminados e produtos de maior valor agregado), além de vários produtos não madeireiros.

A cadeia produtiva da madeira de Pinus é caracterizada pelo fluxo de matéria-prima e produtos desde o processo de produção até o consumidor final e como retorno há um fluxo de capital que financiará o processo de produção (KRONKA *et al.*, 2005). De acordo com os mesmos autores, ao proprietário de florestas de Pinus cabe a decisão sobre as espécies a serem plantadas, o manejo a

ser adotado em função dos produtos pretendidos, bem como a proteção das florestas contra incêndios e possíveis pragas.

A indústria florestal primária com base em *Pinus* pode ser dividida em três segmentos principais: celulose, painéis e processamento mecânico. O setor de celulose e a indústria de painéis não necessitam de toras de grandes diâmetros e a forma das árvores não tem muita importância. As serrarias e as indústrias de lâminas e compensados necessitam de toras com diâmetros maiores (acima de 20, 40, 50 cm ou maiores), sem presença de nós, rachas, curvatura, conicidade, manchas de fungo, etc (KRONKA *et al.*, 2005).

Na indústria secundária são utilizados os produtos da indústria primária para a fabricação ou construção dos produtos finais, por exemplo: i) utilização de celulose para fabricação de papel; ii) uso de diversos tipos de painéis para fabricação de móveis e embalagens; iii) utilização da madeira serrada para a fabricação de móveis, embalagens, molduras, forros, casas pré-fabricadas, etc; e iv) lâminas decorativas são utilizadas para recobrimento de painéis ou de madeira serrada na produção de móveis e em peças de decoração (KRONKA *et al.*, 2005).

2.7.2 Biomassa e carbono de *Pinus taeda*

Existem diversos estudos e pesquisas na literatura, relacionados com a biomassa e carbono de *Pinus taeda*, seja para sua determinação por unidade de área, ou visando o desenvolvimento de equações matemáticas para sua estimativa. Em um estudo desenvolvido por Balbinot *et al.* (2003), com objetivo de estimar a quantidade de carbono orgânico de um plantio de *Pinus taeda* com 5 anos de idade, localizado no município de Cambará do Sul (RS), os autores constataram que nessas condições a espécie *Pinus taeda* apresentou valores de biomassa seca total de 41,5 t.ha⁻¹ e fixa 18,8 t.ha⁻¹ de carbono orgânico, considerando um total de 1.600 árvores por hectare.

Sette Junior *et al.* (2006) realizaram um estudo com a finalidade de quantificar a captura de carbono orgânico em povoamentos de *Pinus taeda* com diferentes idades (05 a 26 anos), na região de Rio Negrinho (SC), coletando dados

de tronco de 157 árvores. Os autores observaram que a biomassa arbórea total, correspondente ao tronco das árvores, variaram de 12,04 t.ha⁻¹ aos 5 anos, 147,83 t.ha⁻¹ aos 12 anos, 194,96 t.ha⁻¹ aos 18 anos e 168,04 t.ha⁻¹ aos 26 anos. O total de carbono orgânico capturado, considerando o volume total de madeira por hectare de cada idade avaliada, variou de 6,5 t.ha⁻¹ aos 5 anos, 82,2 t.ha⁻¹ aos 12 anos, 109,9 t.ha⁻¹ aos 18 anos, e 91,9 t.ha⁻¹ aos 26 anos.

Outro estudo realizado nesse sentido foi o desenvolvido por Balbinot *et al.* (2008) para analisar a dinâmica do estoque de carbono em plantações de *Pinus* spp. em diferentes classes de idade, nos municípios de General Carneiro e Bituruna, região sul do Estado do Paraná. Para tanto, os autores simularam a produção em volume para uma idade de rotação de 20 anos, por meio do *software* SisPinus, e posteriormente estimaram a biomassa e carbono desse plantio, por meio de equações alométricas. Os autores obtiveram como resultado: biomassa de 56,93 t.ha⁻¹ para idades inferiores a 5 anos, 167,91 t.ha⁻¹ para idades entre 5 e 15 anos e 228,41 t.ha⁻¹ para idades superiores a 15 anos; e carbono de 25,57 t.ha⁻¹ para idades inferiores a 5 anos, 75,55 t.ha⁻¹ para idades entre 5 e 15 anos e 102,70 t.ha⁻¹ para idades superiores a 15 anos.

Por fim, Schumacher *et al.* (2002) realizaram um estudo em que avaliaram o estoque de carbono em florestas de *Pinus taeda* plantadas no Estado do Rio Grande do Sul, com quatro diferentes idades. Os autores encontraram como resultado total: 41,3 t.ha⁻¹ de biomassa e 18,7 t.ha⁻¹ de carbono orgânico na idade de 5 anos; 106,8 t.ha⁻¹ de biomassa e 48,49 t.ha⁻¹ de carbono orgânico na idade de 10 anos; 277,2 t.ha⁻¹ de biomassa e 114,84 t.ha⁻¹ de carbono orgânico na idade de 15 anos; e 301,1 t.ha⁻¹ de biomassa e 133,39 t.ha⁻¹ de carbono orgânico na idade de 20 anos.

2.7.3 Regimes de manejo para *Pinus taeda*

O regime de manejo adotado em um plantio florestal influenciará o crescimento das árvores e conseqüentemente a produção de madeira do talhão ou povoamento. Assim, a produção em termos de volume, biomassa e conseqüentemente carbono será influenciada pelo regime de manejo escolhido.

Assim, a escolha de um regime de manejo deve ser feito com base na finalidade da produção de madeira ou dos povoamentos.

Conforme Sanquetta *et al.* (1998), fatores como qualidade do solo, espécie, densidade, idade do plantio, tratamentos silviculturais, são importantes na determinação da produção de um sítio, devendo ser considerados na definição de regimes de manejo.

Existem diversos estudos para analisar a interferência das várias opções de manejo nos resultados finais das variáveis de interesse, como volume, DAP médio, altura média, entre outras. Assim, uma vez que a quantidade estimada de carbono fixada numa floresta depende da biomassa e essa do DAP e da altura, o carbono fixado também está sujeito às mudanças com variações no regime de manejo adotado (MELLO *et al.*, 2004).

A implementação de um regime de manejo em povoamento de *Pinus* spp. envolve as características de densidade inicial, regime de desbastes, regime de podas e idade de rotação, variando a definição das mesmas conforme o objetivo da produção (GOMES, 1999).

A densidade inicial do povoamento é uma medida utilizada para avaliar quantitativamente o estoque de crescimento do povoamento (ARCE, 2002). Comumente o termo densidade é utilizado para referir-se ao número de árvores por hectare tendo relação indireta com o espaçamento definido para o plantio.

Dentre vários aspectos, a escolha de um determinado espaçamento, implicará no número de tratamentos culturais a serem efetuados, na taxa de crescimento, no volume de madeira produzido, no sortimento de madeira, na taxa de mortalidade e dominância, na idade de estagnação do crescimento, nas práticas de implantação, no manejo e exploração, no volume da copa, na frutificação e nos custos de produção, quando considerado uma mesma espécie e um mesmo sítio (SANQUETTA *et al.*, 2003).

Os mesmos autores, em um estudo experimental para avaliar o efeito do espaçamento de plantio em reflorestamentos *Pinus taeda* em Jaguariaíva (PR), concluíram que espaçamentos mais amplos incrementam de forma expressiva os valores individuais (exceto a altura), e, ao contrário, os mais densos favorecem os parâmetros populacionais.

Gomes (1999) desenvolveu um estudo cujo objetivo foi determinar através de um processo de simulação os regimes de manejo mais rentáveis em povoamento de *Pinus taeda*. Analisando os dados de produção, o autor observou que quando o objetivo do manejo é maximização do volume total por unidade de área, densidades iniciais maiores são mais adequadas. Por outro lado, se o objetivo é maximizar a produção de madeira com maiores dimensões, espaçamentos de plantios mais amplos são preferíveis.

Outra característica que compõe os regimes de manejo é o desbaste, que é um tratamento realizado após a implantação do plantio florestal, e consiste no corte de parte das árvores do povoamento, melhorando dessa maneira as condições no que se refere à luz, água e nutrientes para as árvores remanescentes. O desbaste é o tratamento mais eficiente para influenciar a produção florestal, tanto quantitativamente quanto qualitativamente (ARCE, 2002).

Hosokawa *et al.* (1998) comentaram que existe uma gama de tipos de desbaste que podem ser agrupados da seguinte forma: seletivo; sistemático; e misto. A escolha desse tipo de desbaste está condicionada ao objeto da produção e também à análise de rendas e custos de desbaste.

Vários estudos já foram desenvolvidos para analisar os resultados de produção de volume, biomassa ou carbono, de acordo com diferentes regimes de manejo e desbastes, bem como com a sua relação custo/benefício. Cita-se como exemplos os trabalhos de Gomes (1999), Speltz (2000) e Mello *et al.* (2005).

Com o objetivo de estimar o potencial para fixação de carbono em povoamentos de *Pinus taeda* submetidos a cinco diferentes regimes de manejo, Mello *et al.* (2004) observaram que o projeto que apresentou uma maior quantidade de carbono fixada aos 20 anos foi o submetido ao regime de manejo com desbastes ocorrendo aos 6, 11 e 15 anos. Já o projeto submetido ao regime de manejo com desbastes aos 8, 12 e 16 anos foi o que apresentou a menor quantidade de carbono fixada, considerando 1.111 indivíduos por hectare e diferentes índices de sítio.

Por fim, outra característica que compõe os regimes de manejo é o sítio. O sítio é expresso por um índice numérico relacionado com a produtividade florestal de uma determinada área. Esse índice é definido como a altura total das maiores árvores do povoamento, as quais são competidoras severas pela luz, umidade e nutrientes (ARCE, 2002).

3 METODOLOGIA

3.1 ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

3.1.1 Espécie *Pinus taeda* L.

O presente estudo foi desenvolvido com a espécie florestal *Pinus taeda* L. A FIGURA 5 é uma foto de um povoamento de Pinus na região de General Carneiro, sul do Estado do Paraná.



FIGURA 5 – FOTO DE UM POVOAMENTO DE PINUS EM GENERAL CARNEIRO/PR
FONTE: Laboratório de Inventário Florestal da Universidade Federal do Paraná (2003)

Conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (2009), as espécies de Pinus inicialmente introduzidas na silvicultura brasileira foram *Pinus elliottii* L. e *Pinus taeda*, sendo que as florestas plantadas com essas espécies eram restritas às regiões Sul e Sudeste do Brasil.

A espécie *Pinus taeda* ocorre naturalmente nos estados do sudeste dos Estados Unidos, apresentando exigências de clima com temperatura média anual de

17,2 °C e extremos ocasionais de 41 °C e -18 °C e com precipitação média anual de 1.270 mm (KRONKA *et al.*, 2005).

No Brasil, a espécie se desenvolve nas condições climáticas encontradas em todo o planalto das regiões Sul e Sudeste, ou seja, com clima fresco e inverno frio, com disponibilidade constante de umidade durante o ano. Isso inclui partes serranas do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, bem como as partes mais chuvosas do sul dos Estados de São Paulo e Minas Gerais (EMBRAPA, 2009).

3.1.2 Área de abrangência do estudo

Os dados utilizados neste estudo são provenientes dos municípios General Carneiro, Bituruna, Palmas e Coronel Domingos Soares, localizados na região extremo sul do Estado do Paraná (FIGURA 6).

Os dados de biomassa vegetal para determinação de carbono de *Pinus taeda* foram coletados no município de General Carneiro. Dados de rendimentos de operações florestais e distâncias foram fornecidos pela empresa Remasa Reflorestadora Ltda, cuja sede está situada em Bituruna e os dados fornecidos correspondem aos valores médios de duas fazendas situadas nos municípios Palmas e Coronel Domingos Soares.

Os quatro municípios da área de abrangência do estudo são vizinhos e localizam-se em média a 369 km da capital Curitiba, sendo que os municípios de General Carneiro e Palmas fazem limite com o Estado de Santa Catarina.

Conforme a classificação climática de Koeppen, o clima da região é do tipo Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), sem estação seca definida, com verão fresco e brando, inverno com ocorrência de geadas severas e frequentes, bem como temperatura nos períodos mais quentes na média de 22 °C e nos períodos mais frios na média de 18 °C (WIKIPÉDIA, 2010a, 2010b, 2010c).

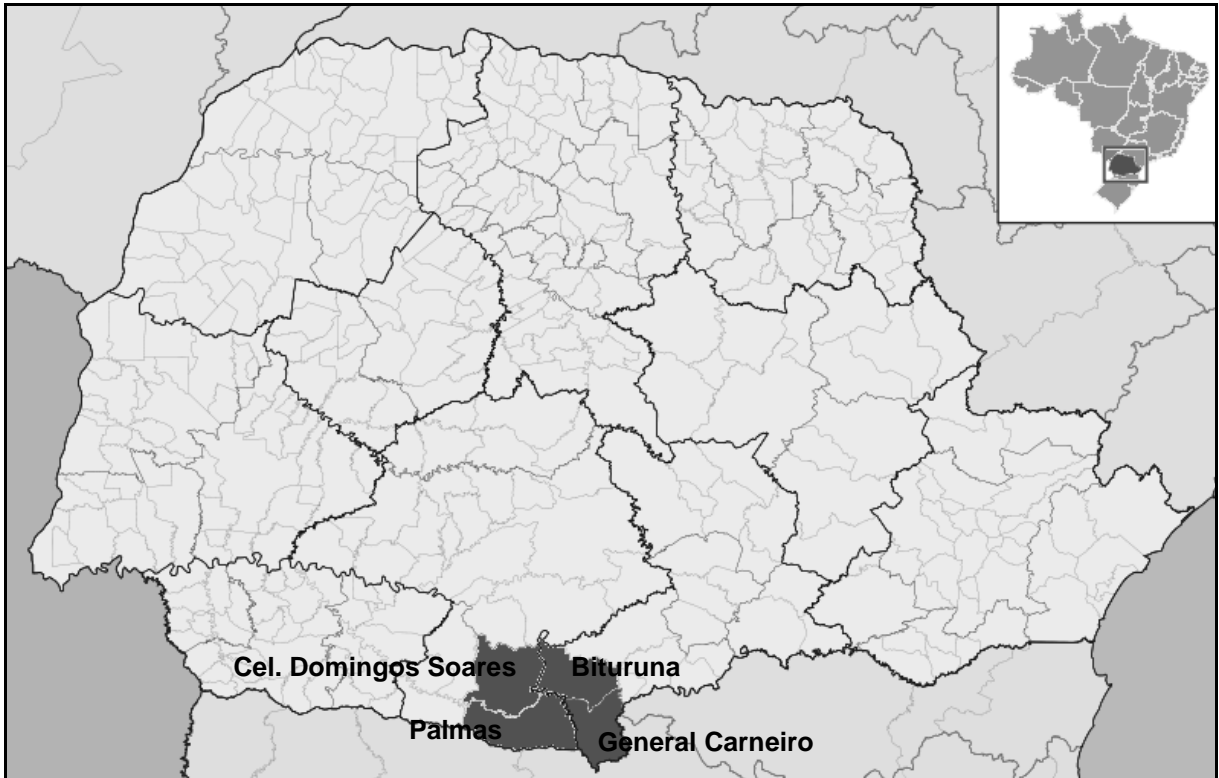


FIGURA 6 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO ESTUDO
 FONTE: Adaptado de Wikipédia (2010a)

A vegetação natural da região é classificada como Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como floresta com araucária. A denominação Floresta Ombrófila Mista foi designada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (1992), onde o termo ombrófila significa alta pluviosidade e o termo “Mista” está relacionado à mistura de floras. De acordo com Péllico Netto *et al.* (2002), a delimitação da Floresta Ombrófila Mista é definida exclusivamente pela presença da espécie *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze, bem como apresenta muitos representantes das famílias vegetais Lauraceae e Myrtaceae, além de outras formas de vida, como espécies arbustivas e herbáceas, fetos arborescentes, epífitas, lianas, entre outras.

3.1.3 Quantificação da biomassa e carbono de *Pinus taeda* em campo e laboratório

Os dados de biomassa e carbono de *Pinus taeda* utilizados no presente estudo foram coletados pela equipe de Laboratório de Inventário Florestal da

Universidade Federal do Paraná (UFPR), nos anos de 2003 e 2004, utilizando a metodologia descrita a seguir.

A quantificação de biomassa vegetal da espécie em estudo foi realizada por meio do método de amostragem da árvore individual, citado por Sanquetta e Balbinot (2004), no qual as árvores-amostras são eleitas para que determinações diretas (corte e pesagem) de biomassa sejam realizadas. Nesse caso, a árvore foi eleita como o exemplar médio representativo de um conjunto caracterizado por sítio e idade.

Assim, foram selecionadas 18 árvores no município de General Carneiro, de acordo com o Processo de Amostragem Aleatória, conforme Péllico Netto e Brena (1997), considerando a faixa etária do povoamento florestal e o tamanho das árvores. Dessas árvores foram tomadas as variáveis individuais, coordenadas X e Y com equipamento GPS, circunferência à altura do peito (CAP) e diâmetro de copa. Além das variáveis citadas, após a derrubada das árvores, coletou-se também a altura total e a altura da copa medida a partir do primeiro galho significativo da árvore.

Seguiu-se então com o procedimento de segmentação das árvores, dividindo-a em 5 compartimentos para posterior pesagem: fuste, galhos vivos, galhos secos, acículas e raízes. A pesagem do compartimento fuste foi realizada a partir do seccionamento do caule em três frações de acordo com a altura total da árvore. De cada fuste pesado foram retiradas amostras para análises laboratoriais. A amostra de madeira do fuste consistiu em três discos com 3-5 cm de espessura, coletados um na base (0,50 cm acima da base), um à meia altura e um na ponta da árvore (0,50 cm abaixo da ponta da árvore). A casca foi separada de cada disco e posteriormente pesadas.

Para determinação da biomassa dos galhos, os mesmos foram separados do caule da árvore e divididos nos compartimentos: galhos secos e galhos vivos. Os dois compartimentos foram pesados na sua totalidade e amostrados coletando-se sub-amostras na fração inferior, média e superior da amostra média composta da copa.

Com a finalidade de obter a biomassa da folhagem, uma amostra média composta dos galhos vivos foi feita, coletando-se sub-amostras nas frações inferior, média e superior da copa, sendo posteriormente pesada. O mesmo processo foi

aplicado aos galhos secos. Dessa maneira, somente as acículas da amostra média composta dos galhos foram separadas e pesadas, visando posterior cálculo da biomassa total da folhagem, através da relação do peso total dos galhos com o peso da amostra média dos galhos. Assim, como para os demais compartimentos, a amostragem das acículas foi feita coletando-se sub-amostras na fração inferior, média e superior dos galhos da amostra média composta da copa.

A biomassa das raízes foi realizada definindo-se a área útil da planta dentro da floresta de acordo com o espaçamento adotado na implantação do povoamento, e abrindo-se uma trincheira ao redor de cada árvore com 0,50 cm de profundidade, respeitando a área útil da árvore. Posteriormente, foi efetuada a retirada das raízes com diâmetro igual ou maior que 1 cm. As raízes escavadas foram limpas e depois pesadas. Coletaram-se raízes finas, médias e grossas para compor uma amostra representativa.

Os dados coletados em campo diretamente sobre as árvores-amostra e também as porções para análises laboratoriais foram anotados em uma ficha de campo. Todas as amostras coletadas para fins de análises laboratoriais foram armazenadas em sacos de plástico para que não perdessem a umidade até que fossem pesadas em balança de precisão de 0,01 grama.

Após a pesagem, as amostras de biomassa foram armazenadas em sacos de papel e enviadas para laboratório para serem fracionadas e secas em estufa de circulação a 70 ± 2 °C, visando à determinação da percentagem de umidade. Em seguida, as amostras foram pesadas novamente para se obter as relações de peso úmido x peso seco.

Depois disso, as amostras foram trituradas em moinho de facas, armazenadas em recipientes plásticos e submetidas à análise de teor total de carbono. A metodologia adotada foi a de combustão, empregando-se o analisador da marca LECO, modelo C-144, que registra os dados de teor de carbono em computador através de *software* apropriado.

3.2 CRIAÇÃO DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL

Os projetos florestais de MDL do presente estudo foram criados com base em duas diferentes idades de corte raso, 20 e 30 anos, considerando que os períodos de obtenção de crédito, previstos para projetos de florestamento e/ou reflorestamento no âmbito do MDL, são de até 20 anos com possibilidade de duas renovações ou de até 30 anos sem possibilidade de renovação.

A base de dados utilizada para simulação dos dois projetos florestais de MDL foi os valores de produção de volume (m³) por hectare de *Pinus taeda* para todos os anos do período de obtenção de crédito.

Esses valores foram resultantes de simulações realizadas com o *software* SisPinus – “Sistema Prognose do Crescimento e Produção Florestas” – *Pinus taeda* desenvolvido pela Embrapa (2002). Para tanto, diversos regimes de manejo adotados para *Pinus taeda* foram simulados. Posteriormente foi selecionado um regime de manejo para cada uma das duas idades de corte raso (20 e 30 anos), baseado no valor presente líquido (R\$) por hectare.

Depois de selecionados os dois regimes de manejo, os resultados da simulação da produção de volume por hectare foram utilizados para compor os dois projetos florestais de MDL criados no presente estudo.

3.2.1 Simulação de diferentes regimes de manejo

Os regimes de manejo foram determinados com base em dados de sítio, densidade e desbaste usados para *Pinus taeda* na região extremo sul do Paraná. Dessa forma, foi eleito um índice de sítio de 21 m, com idade índice de 15 anos, baseado em dados de sítio utilizados em trabalhos de biomassa e carbono realizados na região, como Balbinot (2004) e Mello *et al.* (2005). Esse índice foi utilizado na simulação de todos os regimes de manejo para as duas diferentes idades de corte raso (20 e 30 anos).

Com relação ao número de indivíduos por hectare, foram selecionadas 6 densidade iniciais, com base em trabalhos desenvolvidos por Sanquetta *et al.* (1998, 2001, 2003), Gomes (1999), Speltz (2000), Balbinot (2004), Dalla Corte (2005) e com base em regimes de manejo adotados por empresas do Paraná. Essas densidades iniciais também foram utilizadas na simulação de todos os regimes de manejo para as duas diferentes idades de corte raso.

O número e idade dos desbastes também foram definidos com base nos trabalhos de Gomes (1999), Speltz (2000), Acerbi Jr. *et al.* (2002), Balbinot (2004), e Dalla Corte (2005), sendo determinados diferentemente para cada idade de corte raso. Assim, para a idade de corte raso de 20 anos, os desbastes consistiram na seguinte lógica: primeiro desbaste no sexto ano após o plantio, com duas repetições subsequentes, segundo desbaste ocorrendo três ou cinco anos após o primeiro desbaste, e o terceiro desbaste ocorrendo quatro anos após o segundo desbaste, conforme explicado na FIGURA 7.

Para a idade de corte raso de 30 anos, os regimes de desbaste consistiram na lógica: primeiro desbaste no sexto ano após o plantio, com duas repetições subsequentes, segundo desbaste ocorrendo três ou cinco anos após o primeiro desbaste, terceiro desbaste ocorrendo quatro anos após o segundo desbaste, e quarto desbaste ocorrendo 5 anos após o terceiro desbaste (FIGURA 8).

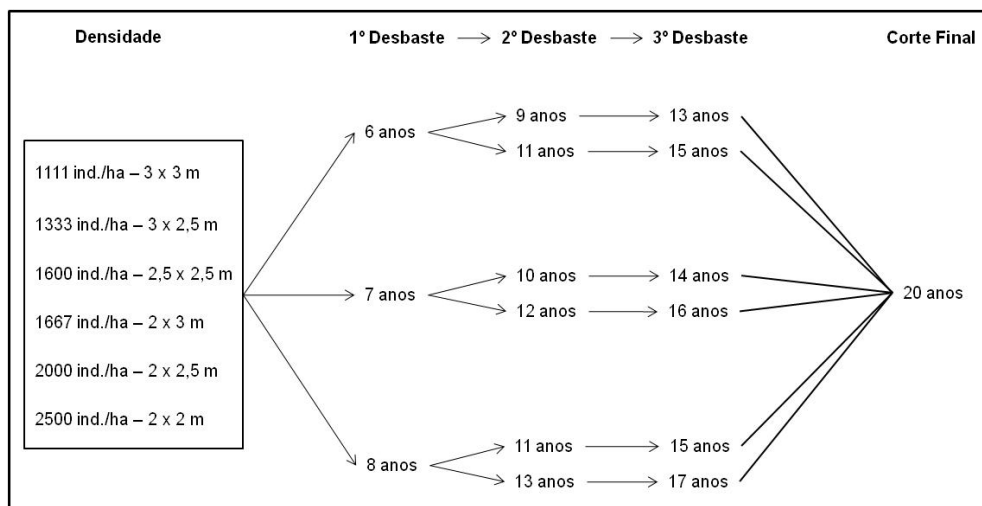


FIGURA 7 – COMBINAÇÕES POSSÍVEIS PARA COMPOSIÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA *Pinus taeda* COM IDADE DE CORTE RASO DE 20 ANOS

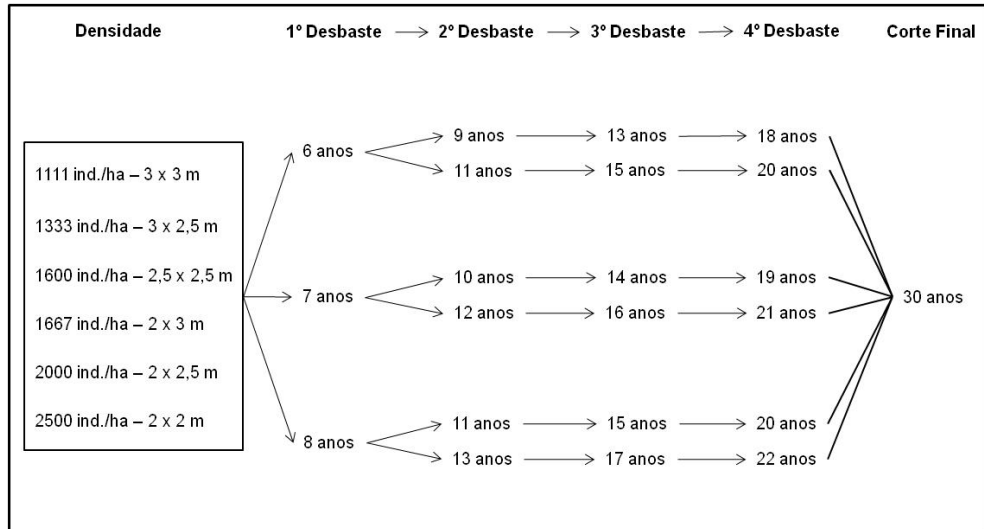


FIGURA 8 – COMBINAÇÕES POSSÍVEIS PARA COMPOSIÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA *Pinus taeda* COM IDADE DE CORTE RASO DE 30 ANOS

Assim, para a idade de corte raso de 20 anos foram simulados no total 36 regimes de manejo, considerando o índice de sítio de 21 m, as seis diferentes densidades iniciais e os seis diferentes desbastes. Da mesma forma, para a idade de corte raso de 30 anos foram simulados no total 36 regimes de manejo, considerando o índice de sítio de 21 m, as seis diferentes densidades iniciais e os seis diferentes desbastes.

A intensidade dos desbastes foi padronizada, sendo utilizada a mesma para todas as densidades iniciais e para as duas idades de corte raso, a fim de evitar grande número de simulações que prejudicaria a avaliação dos resultados. A intensidade de corte do 1º desbaste foi determinada com base no número de árvores ocorrentes na densidade inicial e a intensidade de corte dos demais desbastes foi determinada com base no número de árvores remanescentes de cada desbaste antecessor. A intensidade dos desbastes ficou definida conforme descrito no QUADRO 2.

Desbaste	Intensidade do desbaste
1º desbaste	Misto – Sistemático retirando uma a cada 5 linhas e seletivo retirando 30% do número de árvores remanescentes.
2º desbaste	Seletivo retirando 50% do número de árvores remanescentes do 1º desbaste.
3º desbaste	Seletivo retirando 30% do número de árvores remanescentes do 2º desbaste.
4º desbaste	Seletivo retirando 30% do número de árvores remanescentes do 3º desbaste.

QUADRO 2 – INTENSIDADE DE DESBASTE ADOTADA NA SIMULAÇÃO DOS REGIMES DE MANEJO PARA *Pinus taeda*

Todos os regimes de manejo foram simulados utilizando uma porcentagem de sobrevivência de 95%, nível de homogeneidade do plantio médio, bem como as equações de sítio, volume e sortimento do próprio SisPinus, desenvolvidas pela Embrapa Florestas.

Para simulação da produção de volume por hectare e posterior cálculo do valor presente líquido dos regimes de manejo, foram adotados quatro diferentes sortimentos: Serraria 1, Serraria 2, Serraria 3 e Celulose. Dessa forma, a simulação dos regimes de manejo resultou em valores de volume por hectare para o total e para cada sortimento.

Os valores de diâmetro mínimo e comprimento de tora de cada sortimento estão apresentados no QUADRO 3. Vale ressaltar que não existe um padrão único para definição dos sortimentos, uma vez que cada empresa do ramo adota o seu padrão específico.

Sortimento	Diâmetro mínimo da tora* (cm)	Comprimento da tora (m)
Serraria 1	>35	2,4
Serraria 2	25	2,4
Serraria 3	18	2,4
Celulose	8	2,4

QUADRO 3 – DIMENSÕES DAS TORAS DOS SORTIMENTOS ADOTADOS NAS SIMULAÇÕES DOS REGIMES DE MANEJO

*FONTE: Radar Silviconsult (2010).

3.2.2 Valor presente líquido por hectare dos diferentes regimes de manejo

O cálculo do valor presente líquido (VPL) por hectare (R\$) foi efetuado para avaliação dos diferentes regimes de manejo simulados. Conforme Davis e Johnson (1987), o VPL é a soma do valor presente das receitas menos a soma do valor presente dos custos. Assim, o VPL foi calculado utilizando o valor presente das receitas da madeira em pé e o valor presente dos custos de implantação dos regimes de manejo, conforme a fórmula (1):

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j} \quad (1)$$

Sendo:

R_j = Receitas da madeira em pé no final do ano “j”;

C_j = Custo de implantação no final do ano “j”;

n = Duração do projeto em anos;

i = Taxa de desconto.

O valor presente das receitas foi calculado para cada sortimento, considerando o volume removido em cada desbaste e no corte raso. Para tanto, foram utilizados preços médios de madeira em pé (R\$/m³) de *Pinus* spp. no Paraná (QUADRO 4), conforme indicado pela revista Radar Silviconsult (2010). Também foi utilizada uma taxa de desconto de 10% ao ano, valor bastante utilizado em projetos florestais.

Sortimento	Preço da madeira (R\$/m ³ em pé)
Serraria 1	R\$ 97,00
Serraria 2	R\$ 71,70
Serraria 3	R\$ 49,90
Celulose	R\$ 30,30

QUADRO 4 – PREÇO MÉDIO DA MADEIRA EM PÉ (R\$/m³) DE *Pinus taeda* NO PARANÁ
 FONTE: Radar Silviconsult (2010)

Depois de calculado o valor presente da receita em cada desbaste e no corte raso, esses valores foram somados, obtendo o valor presente total das receitas por hectare para cada regime de manejo.

O valor presente dos custos foi calculado para cada ano dos regimes de manejo. Para tanto, foram utilizados os valores de custo por hectare, considerando os custos de implantação, manutenção, tratos culturais e administrativos. Esses custos foram obtidos no estudo de Yoshitani Junior (2009), que consistiu na avaliação econômica de um regime de manejo com *Pinus taeda* em Santa Catarina. Os custos de desbaste, corte raso, transporte e demais atividades relacionadas à colheita da madeira, não foram utilizados no presente estudo, uma vez que foram considerados no cálculo do VPL, apenas as receitas e os custos da madeira em pé por hectare.

Da mesma forma que para as receitas, foi utilizada uma taxa de desconto de 10% ao ano no cálculo do valor presente dos custos. Os valores presentes dos custos de cada ano dos regimes de manejo foram somados, obtendo o valor presente total dos custos por hectare para cada regime de manejo.

Por fim, após a obtenção dos valores presentes das receitas e dos custos, o VPL foi calculado e então foi selecionado um regime de manejo para cada idade de corte raso (20 e 30 anos), com base no maior VPL.

Os resultados de volume por hectare, obtidos na simulação dos dois regimes de manejo selecionados, foram utilizados na composição dos dois projetos florestais de MDL criados no presente estudo.

3.3 DEFINIÇÃO DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL

Um projeto florestal de MDL é caracterizado por uma sequência de etapas, cada qual com cálculo específico. Em síntese, os projetos florestais de MDL são constituídos por dois diferentes cenários, neste trabalho, denominados como:

- a) *Cenário de reflorestamento*: refere-se à atividade de reflorestamento (plantio florestal) que será implantada, em resposta a implementação do projeto florestal de MDL;
- b) *Cenário de linha de base*: refere-se à situação que ocorreria na área a ser implantado o projeto florestal de MDL, na ausência da atividade de reflorestamento (cenário de reflorestamento). Conforme MCT (2009), o cenário de linha de base servirá como base de comparação com o cenário de reflorestamento, para avaliação das remoções de GEE e para a futura emissão de Reduções Certificadas de Emissões (RCEs).

Desse modo, cada projeto florestal de MDL elaborado no presente estudo consistiu na combinação desses dois cenários.

O arranjo desses projetos seguiu os critérios previstos na versão 3 da Metodologia Aprovada de Florestamento/Reflorestamento AR-AM0005 da UNFCCC (2009), e essa foi utilizada no presente estudo como base de cálculo das estimativas de remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros e de RCEs.

3.3.1 Definição do cenário de reflorestamento

Os dois projetos de MDL foram elaborados com base na seleção do melhor regime de manejo: o primeiro com a idade de corte raso de 20 anos e o segundo com idade de corte raso de 30 anos, conforme explicado previamente no item 3.2. Assim, os cenários de reflorestamento para os dois projetos de MDL consistem no plantio da espécie florestal *Pinus taeda* em resposta a demanda por madeira de uso industrial e/ou comercial.

Considerou-se 2010 o ano de início das atividades de reflorestamento no âmbito do MDL, bem como se determinou que o plantios cobrem uma área hipotética de 7.000 hectares.

Essa área hipotética foi adotada, uma vez que o objetivo do presente estudo consiste na customização da ferramenta TARAM, por meio da aplicação da metodologia de MDL aprovada AR-AM0005. Essa metodologia, por sua vez, pode ser utilizada apenas na elaboração de projetos florestais de MDL de larga escala, ou seja, projetos que fixem uma quantidade superior a 16.000 toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) por ano. A área hipotética de 7.000 ha foi a área mínima que tornava de larga escala os projetos de MDL estudados, ou seja, áreas inferiores a essa, representariam projetos de pequena escala.

Diante do exposto, os projetos de MDL criados no presente estudo são constituídos dos seguintes cenários de reflorestamento, conforme descrito sucintamente a seguir:

- a) *1º Cenário de Reflorestamento - referente ao projeto florestal de MDL (1):*
Produção de madeira para uso industrial e/ou comercial por meio do plantio de *Pinus taeda* com idade de corte raso de 20 anos e ciclo de projeto de MDL de 20 anos sem renovação;
- b) *2º Cenário de Reflorestamento - referente ao projeto florestal de MDL (2):*
Produção de madeira para uso industrial e/ou comercial por meio do plantio de *Pinus taeda* com idade de corte raso de 30 anos e ciclo de projeto de MDL de 30 anos sem renovação.

3.3.2 Definição do cenário de linha de base

O cenário de linha de base foi padronizado para os dois projetos de MDL criados neste estudo e foi estabelecido hipoteticamente com base na metodologia AR-AM0005, que prevê duas opções de cenário de linha de base, conforme descrito a seguir:

- a) *Cenário de linha de base 1: Áreas com manutenção de uso do solo como pastagem*, ou seja, a área em que será implementada a atividade de reflorestamento encontra-se com pastagem e permanecerá nessa condição na ausência do projeto de MDL, refletindo a completa ausência de florestas plantadas para suprir a demanda de madeira de uso industrial e/ou comercial;
- b) *Cenário de linha de base 2: Áreas com plantações florestais a taxas intermitentes* (taxa de reflorestamento de pré-projeto), ou seja, na área em que será implementado o projeto de MDL ocorrerá plantios em taxas intermitentes para suprir demanda de madeira de uso industrial e/ou comercial.

Dessa forma, o cenário de linha de base suposto no presente estudo consiste em 1 (um) estrato com pastagem alta, em estado constante (no qual os ganhos e perdas anuais de carbono se anulam mutuamente), no seu pico de estoque de carbono e sem a presença de árvores isoladas. As estimativas do cenário de linha de base foram mantidas e adotadas ao longo de todo período de crédito dos projetos de MDL estudados.

Além do estrato de pastagem que compõe o cenário de linha de base suposto, foi considerada também a taxa de reflorestamento de pré-projeto, como parte das remoções da linha de base, conforme prevê a metodologia AR-AM0005. Essa metodologia indica que quando não houver uma taxa de reflorestamento de pré-projeto para a região em que se pretende implantar o projeto de MDL, uma taxa nacional deve ser utilizada. No caso do presente estudo, foi utilizada a taxa anual de reflorestamento de *Pinus* spp. do Estado do Paraná.

Para a obtenção dessa taxa foram utilizados dados de: 1) área territorial do estado do Paraná (19.931.490 ha); e 2) área média anual de reflorestamento com

Pinus spp. no Paraná (688.649,6 ha), considerando os anos de 2004 a 2008 (QUADRO 5). As informações de área plantada com *Pinus* spp. no Paraná foram obtidas no anuário da ABRAF (2009).

Ano base	Área plantada no PR anualmente (ha)	Área do PR (ha)
2004	662.552	19.931.490
2005	677.772	
2006	686.453	
2007	701.578	
2008	714.893	
Média	688.649,6	19.931.490

QUADRO 5 – ÁREA ANUAL EM HECTARES COM PLANTIOS DE *Pinus* spp. NO PARANÁ, CONSIDERANDO OS ANOS DE 2004 A 2008
 FONTE: ABRAF (2009)

3.3.3 Definição de critérios para a criação dos projetos florestais de MDL

Na elaboração de um projeto florestal de MDL alguns critérios importantes devem ser avaliados. Para criação dos dois projetos de MDL do presente estudo, os seguintes critérios foram considerados:

- *Avaliação da aplicabilidade da metodologia AR-AM0005*: A aplicabilidade da metodologia de MDL aprovada eleita para fundamentar as estimativas do projeto florestal de MDL deve ser avaliada conforme os procedimentos definidos pela própria metodologia. Dessa forma, os dois projetos de MDL elaborados neste estudo enquadram-se nas condições de aplicabilidade da metodologia AR-AM0005, uma vez que simulam atividades de reflorestamento com a espécie florestal *Pinus taeda* para fins comerciais e industriais, em áreas com pastagem em estado constante.

- *Seleção dos reservatórios de carbono* que serão considerados nas estimativas do projeto florestal de MDL. Os reservatórios de carbono selecionados neste estudo para os dois projetos de MDL criados seguiram as condições da metodologia AR-AM0005, ou seja, biomassa acima e abaixo do solo. Os reservatórios de carbono referentes à serapilheira, madeira morta e matéria orgânica do solo não foram contemplados neste estudo, uma vez que a metodologia AR-

AM0005 exclui esses reservatórios das suas estimativas, conforme explicado no QUADRO 6.

Reservatórios de Carbono	Selecionados (responder sim ou não)	Justificativa / Explicação sobre a escolha
Biomassa acima do solo	Sim	Importante reservatório de carbono sujeito à influência das atividades do projeto
Biomassa abaixo do solo	Sim	Importante reservatório de carbono sujeito à influência das atividades do projeto
Madeira morta	Não	Abordagem conservadora sob as condições de aplicabilidade
Serapilheira	Não	Abordagem conservadora sob as condições de aplicabilidade
Carbono orgânico no solo	Não	Abordagem conservadora sob as condições de aplicabilidade

QUADRO 6 – SELEÇÃO E JUSTIFICATIVA DOS RESERVATÓRIOS DE CARBONO CONSIDERADOS NOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL
 FONTE: UNFCCC (2009)

- *Definição do limite dos projetos florestais de MDL:* no presente estudo os dois projetos de MDL foram hipoteticamente aplicados em um limite geográfico com uma área total de 7.000 ha localizado na região extremo sul do Paraná;

- *Avaliação da elegibilidade da terra:* conforme especificado na metodologia AR-AM0005, o Conselho executivo do MDL determina que a avaliação da elegibilidade das terras deve seguir as disposições do ANEXO 18, EB 35, Versão 1 dos “*Procedures to Demonstrate the Eligibility of Lands for Afforestation and Reforestation CDM Project*” ou “Procedimentos para demonstrar a elegibilidade de terras para atividades de florestamento e reflorestamento em projetos de MDL”. Esse documento requer que o participante do projeto demonstre que não havia florestas nas terras onde se darão as atividades do projeto florestal de MDL proposto, em dois anos especificados: ano de início do projeto e 1989. Para o limite geográfico hipotético do presente estudo considerou-se que as áreas são elegíveis conforme as disposições do ANEXO 18, EB 35, Versão 1, enquadrando-se na categoria de reflorestamento e considerando a cobertura de vegetação local abaixo dos limiares que caracterizariam uma floresta, tanto na data de início do projeto, como em 1989. Nesse caso, conforme MCT (2009), os limiares que caracterizam uma floresta têm um valor mínimo de 30% de cobertura de copas de árvores, um valor mínimo para a área de terra de 1,0 ha, e com árvores tendo o potencial de atingirem uma altura mínima de 5 metros na maturidade;

- *Estratificação ex ante*: a *estratificação ex ante* refere-se à definição da *estratificação* da área antes da implementação do projeto florestal de MDL, tanto para o cenário de linha de base, quanto para o cenário de reflorestamento. Os critérios para a *estratificação* devem ser seguidos conforme determinado na metodologia de MDL aprovada, neste caso, a metodologia AR-AM0005. No presente estudo, foi considerado 1 (um) estrato de linha de base para toda área hipotética de 7.000 ha, para os dois projetos de MDL simulados. Quanto ao cenário de reflorestamento, também foi definido 1 (um) estrato para cada projeto de MDL, pois considerou-se o plantio: i) com apenas uma espécie florestal (*Pinus taeda*); e ii) com o mesmo regime silvicultural, tais como densidade inicial, procedimentos de plantio, desbaste, procedimentos de colheita e idade de corte raso, diferenciando-se apenas entre os projetos de MDL criados no estudo.

- *Adicionalidade*: Para avaliação da *adicionalidade*, a metodologia AR-AM0005 solicita o uso da versão mais recente da “*Tool for the demonstration and assessment of additionality in A/R CDM project activities*”, ou seja, Ferramenta para demonstração e avaliação da *adicionalidade* em atividades de florestamento e reflorestamento de projeto de MDL, aprovada pelo Conselho Executivo do MDL, neste caso a versão 02. No presente estudo, considerou-se que os dois projetos de MDL criados atendem aos critérios de *adicionalidade* da referida ferramenta, pressupondo que a implantação da atividade de reflorestamento deve ocorrer em resposta ao incentivo do MDL.

3.4 CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA TARAM

Conforme o Documento de Concepção do Projeto da Plantar S/A (DCP-PLANTAR) (2009), a TARAM (*Tool for Afforestation and Reforestation Approved Methodologies* ou Ferramenta para Metodologias Aprovadas de Florestamento e Reflorestamento) é uma ferramenta auto-explicativa adequada para as metodologias aprovadas para projetos florestais de MDL, onde as alterações líquidas nos estoques de carbono, bem como as emissões de GEE por consumo de combustível e as fugas são registradas e monitoradas.

Neste estudo foi utilizada a versão V1.3 da ferramenta TARAM e conforme especificado na mesma, o objetivo é facilitar a aplicação das metodologias aprovadas para projetos florestais de MDL: AR-AM0001; AR-AM0002; AR-AM0003; AR-AM0004; AR-AM0005; AR-AM0006; AR-AM0007; AR-AM0008; AR-AM0009; e AR-AM0010.

A ferramenta TARAM V1.3 é constituída de 14 planilhas Excel, formuladas de modo que uma depende do preenchimento da outra para obtenção dos resultados finais. Além das 14 planilhas, há uma planilha de introdução contendo explicações sobre a ferramenta, nome dos autores e um resumo explicativo das demais 14 planilhas. O QUADRO 7 apresenta o nome das 14 planilhas e um resumo explicativo de cada uma, conforme aparece na planilha de introdução da ferramenta.

A ferramenta pode ser acessada livremente na internet, na *homepage* do Banco Mundial, através do endereço:

<http://wbcarbonfinance.org/Router.cfm?Page=DocLib&CatalogID=49187>.

Esse endereço é atualizado sempre que é desenvolvida uma nova versão da ferramenta TARAM.

Todas as planilhas que compõem a TARAM V1.3 foram preenchidas, com exceção da planilha *Financial* (única planilha da ferramenta cujo preenchimento é opcional), através da entrada de dados nos locais indicados (células amarelas).

Para preenchimento das planilhas, inicialmente foi necessário o cálculo de duas variáveis: 1) Fração de carbono da matéria seca de *Pinus taeda*, obtida por meio da média dos teores de carbono das árvores-amostras; 2) Relação raiz/parte aérea de *Pinus taeda*, obtida por meio da média do quociente entre a biomassa seca da raiz e a biomassa seca da parte aérea.

Os cálculos dessas duas variáveis foram realizados com base em dados de biomassa e carbono coletados de 18 árvores de *Pinus taeda* na região de General Carneiro, extremo sul do Paraná. Informações adicionais sobre a coleta dos dados foram expostas previamente no item 3.1.3.

A obtenção de certos padrões também foi necessária para customização da ferramenta TARAM V1.3 e alguns desses foram definidos com base na literatura especializada e outros foram fornecidos pela empresa Remasa Reflorestadora Ltda. A denominação desses padrões estão indicados no QUADRO 8.

Nome da Planilha	Função da Planilha
Meth	O trabalho começa nesta planilha, selecionando a metodologia aplicável à atividade do projeto florestal de MDL proposto e seguindo para a planilha <i>Species</i> . Nesta planilha há a opção para escolher qualquer uma das 10 metodologias aprovadas para projetos florestais de MDL.
Species	Nesta planilha são inseridos valores de parâmetros requeridos para todas as espécies lenhosas que há na linha de base e no cenário de reflorestamento. Podem-se definir os parâmetros para um grupo de espécies. Deve-se fornecer um ID_j único para cada espécie ou grupo de espécies. Depois de preenchida esta planilha segue-se para a planilha <i>BLS1</i> .
BLS1 – BLS6	Cada uma destas planilhas representa um estrato diferente de linha de base. A ferramenta contém 6 planilhas de estrato de linha de base. No caso do projeto ter mais de 6 estratos diferentes deve-se fazer arquivos diferentes desta ferramenta e consolidar os resultados em uma planilha separada. Deve-se fornecer um único ID_j para cada estrato de linha de base e especificar os valores dos parâmetros e dados requeridos nas células amarelas. Quando terminado segue-se para o próximo estrato de linha de base <i>BLS2</i> ou para a planilha <i>SM1</i> .
SM1 – SM6	Cada uma destas planilhas representa um tipo diferente de classificação de reflorestamento. A ferramenta contém 6 planilhas de classificação de reflorestamento. No caso do projeto ter mais de 6 tipos de classificação de reflorestamento deve-se fazer arquivos diferentes desta ferramenta e consolidar os resultados em uma planilha separada. Deve-se fornecer um único ID_k para cada classificação de reflorestamento e especificar os valores dos parâmetros e dados requeridos nas células amarelas. Quando terminado segue-se para a próxima classificação de reflorestamento <i>SM2</i> ou para a planilha <i>Strata</i> .
Strata	Nesta planilha identifica-se os estratos de linha de base nos quais os tipos de classificação de reflorestamento serão implementados e então segue para a planilha <i>AR-Plan</i> .
AR-Plan	Nesta planilha define-se para cada estrato o montante de hectares que serão florestados ou reflorestados durante cada ano do projeto então segue para a planilha <i>Pre-AR</i> .
Pre-AR	Esta planilha se aplica apenas para atividades do projeto florestal de MDL que devem incluir atividades de florestamento/reflorestamento pré-existent em sua linha de base. Caso a atividade do projeto florestal de MDL proposto seja implementada em uma região onde não existem atividades de florestamento/reflorestamento pré-existent, deve-se seguir diretamente para a planilha <i>Blexa</i> .
Blexa	Esta planilha contém a estimativa <i>ex ante</i> de remoção líquida de GEE por sumidouros da linha de base.
Aexa	Esta planilha contém a estimativa <i>ex ante</i> da remoção real líquida de GEE por sumidouros. Algumas entradas de dados são necessárias.
Distance	Nesta planilha deve-se fornecer a distância entre os locais dos plantios e os pontos de suprimento necessários para estabelecer e gerenciar os mesmos, e os pontos de destino dos produtos das atividades de florestamento/reflorestamento. Estes dados são necessários para estimar a fuga.
LK	Nesta planilha devem-se especificar parâmetros adicionais que são necessários para calcular as fugas.
CERs	Esta planilha apresenta a estimativa <i>ex ante</i> da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros e o volume esperado de RCE temporárias ou RCE de longo prazo.
Financial	Nesta planilha é possível analisar os aspectos financeiros da atividade do projeto florestal MDL. O preenchimento desta planilha é opcional, não sendo necessário seu preenchimento para a geração de resultados de remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros e de reduções certificadas de emissões (RCEs).
Chart	Esta planilha fornece um gráfico ilustrando a remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros e os fluxos associados de RCEs.

QUADRO 7 – NOME E DESCRIÇÃO DAS 14 PLANILHAS DA FERRAMENTA TARAM V1.3
 FONTE: adaptado da ferramenta TARAM V1.3

Nº	Nome
1)	Densidade da madeira de <i>Pinus taeda</i> ;
2)	Fator de expansão de biomassa (FEB) para <i>Pinus taeda</i> ;
3)	Média da biomassa não lenhosa viva acima do solo pré-existente (pastagem);
4)	Média da fração de carbono da biomassa seca na vegetação não lenhosa pré-existente (pastagem);
5)	Relação raiz / parte aérea da vegetação não lenhosa pré-existente (pastagem);
6)	Consumo de combustível (litros por unidade) nas atividades de preparação do terreno, plantio e atividade de desbaste e colheita;
7)	Número de dias trabalhados por atividades, quais sejam: preparação do terreno, plantio e replantio, desbaste e colheita;
8)	Fator de emissão do diesel e da gasolina;
9)	Distâncias. Os valores de distância foram fornecidos pela empresa Remasa Reflorestadora Ltda. e correspondem a valores médios de duas fazendas da empresa, localizadas em Palmas e Coronel Domingos Soares, no sul do Estado do Paraná;
10)	Número de máquinas para preparação do terreno;
11)	Número de mudas transportadas por veículo;
12)	Volume de madeira (m ³) transportado por veículo;
13)	Número de trabalhadores por veículo;
14)	Veículos utilizados no transporte de mudas, de madeira colhida e de trabalhadores, bem como eficiência do combustível utilizado (km.l ⁻¹);
15)	Máquina utilizada na preparação do terreno e eficiência do combustível utilizado (km.l ⁻¹);
16)	Veículo utilizado nas inspeções de campo anuais e eficiência do combustível utilizado (km.l ⁻¹);
17)	Veículo utilizado no monitoramento periódico e eficiência do combustível utilizado (km.l ⁻¹).

QUADRO 8 – PADRÕES NECESSÁRIOS PARA CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA TARAM V1.3

Os dados e informações adicionadas na TARAM V1.3 foram os mesmos para os dois projetos de MDL criados, exceto os dados de produção de volume/ha, que foram obtidos com a simulação realizada por meio do *software* Sispinus, conforme explicado no item 3.2.

Após o cálculo das variáveis e da definição dos padrões, a ferramenta TARAM V1.3 foi customizada para os dois projetos de MDL do presente estudo, por meio do preenchimento das planilhas.

Conseqüentemente, a customização da ferramenta resultou nas estimativas da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros e das Reduções Certificadas de Emissões (RCEs). Para esse fim, a ferramenta utiliza as fórmulas previstas nas metodologias aprovadas para projetos florestais de MDL. No próximo item estão detalhados todos os cálculos que foram efetuados pela ferramenta TARAM V1.3 para os dois projetos de MDL criados neste estudo, aplicando a versão 3 da metodologia aprovada AR-AM0005 “Atividades de florestamento e reflorestamento implementadas para usos industriais e/ou comerciais”.

3.5 SIMULAÇÃO DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL

3.5.1 Estimativa *ex ante* da remoção líquida de GEE da linha de base

A remoção líquida de GEE por sumidouros da linha de base é a soma das mudanças nos estoques dos reservatórios de carbono dentro do limite do projeto que teriam ocorrido na ausência da atividade de florestamento ou reflorestamento no âmbito do MDL (CGEE, 2008).

A estimativa *ex ante* da remoção líquida de GEE por sumidouros da linha de base foi calculada através da fórmula (2) a seguir, fornecida pela metodologia AR-AM0005. Essa fórmula refere-se à soma dos: 1) resultados da linha de base sob o cenário “*manutenção das pastagens no seu estado atual*”, com 2) resultados da linha de base sob o cenário “*florestamento/reflorestamento a uma taxa de pré-projeto*”.

$$\Delta C_{BSL,t} = \Delta C_{GLB,t} + \Delta C_{ARB,t} \quad (2)$$

Sendo:

$\Delta C_{BSL,t}$ = Soma das mudanças do estoque de carbono na biomassa viva das pastagens (biomassa acima e abaixo do solo) sob o cenário de linha de base; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano *t*.

$\Delta C_{GLB,t}$ = Soma das mudanças do estoque de carbono na biomassa viva das pastagens (biomassa acima e abaixo do solo) sob o cenário de linha de base “*manutenção da pastagem no seu estado atual*”; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano *t*.

$\Delta C_{ARB,t}$ = Soma das mudanças do estoque de carbono na biomassa viva das árvores sob o cenário de linha de base “*florestamento/reflorestamento executados durante o período de pré-projeto*”; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano *t*.

t = Varia de 1 até a duração do período de obtenção de crédito; anos.

A soma das mudanças do estoque de carbono na biomassa viva das pastagens (biomassa acima e abaixo do solo) sob o cenário de linha de base “*manutenção da pastagem no seu estado atual*” é calculada através da fórmula (3) fornecida pela metodologia AR-AM0005:

$$\Delta C_{GLB,t} = \Delta C_{ijk,t,ETB} \quad (3)$$

Sendo:

$\Delta C_{ijk,t,ETB}$ = Soma das mudanças anuais no estoque de carbono da biomassa viva (acima e abaixo do solo) de árvores pré-existentes no estrato i , sub-estrato j e espécie k ; toneladas de $CO_2e.ano^{-1}$.

$\Delta C_{ijk,t,ETB}$ é calculada no caso da existência de árvores isoladas no cenário de linha de base. Entretanto, o estrato de linha de base suposto para os projetos de MDL deste estudo não considera árvores isoladas, conforme descrito no item 3.3.2, previamente.

Com relação à linha de base sob o cenário “*florestamento/reflorestamento executados a uma taxa de pré-projeto*”, a soma das mudanças do estoque de carbono na biomassa viva das árvores, foi calculada diferenciadamente para cada projeto de MDL, utilizando como entrada de dados, a taxa anual de reflorestamento de *Pinus* spp. do Paraná (item 3.3.2) e o resultado da produção de volume/ha, resultante das simulações obtidas por meio do *software* Sispinus para todos os anos de cada projeto de MDL (item 3.2).

A taxa anual de reflorestamento de *Pinus* spp. do Paraná foi calculada por meio da divisão da área territorial do estado do Paraná (19.931.490 ha) pela área média anual de reflorestamento de *Pinus* spp. no Paraná (688.649,6 ha) com posterior multiplicação desse resultado pela área total do projeto de MDL (7.000 ha).

Dessa forma, para a soma das mudanças do estoque de carbono na biomassa viva das árvores da linha de base sob o cenário “*florestamento/reflorestamento executados a uma taxa de pré-projeto*” foi utilizado o método de mudança no estoque de carbono, conforme as fórmulas (4), (5), (6) e (7) indicadas na metodologia AR-AM0005:

$$\Delta C_{ARB,ij,t} = \frac{C_{ARB,ij,t_2} - C_{ARB,ij,t_1}}{T} \cdot \frac{44}{12} \quad (4)$$

$$C_{ARB,ij} = C_{ARB,AB,ij} + C_{ARB,BB,ij} \quad (5)$$

$$C_{ARB,AB,ij} = A_{ARB,ij} \cdot V_{ARB,ij} \cdot D_j \cdot BEF_{2,j} \cdot CF_j \quad (6)$$

$$C_{ARB,BB,ij} = C_{ARB,AB,ij} \cdot R_j \quad (7)$$

Sendo:

C_{ARB,ij,t_2} = Estoque de carbono total na biomassa viva das árvores por estrato i , espécie j , sob o cenário de linha de base “florestamento/reflorestamento executados durante o período de pré-projeto” calculado no tempo t_2 ; toneladas de C.

C_{ARB,ij,t_1} = Estoque de carbono total na biomassa viva das árvores por estrato i , espécie j , sob o cenário de linha de base “florestamento/reflorestamento executados durante o período de pré-projeto” calculado no tempo t_1 ; toneladas de C.

t = Número de anos entre o tempo t_2 e t_1 ; anos.

$C_{ARB,AB,ij}$ = Estoque de carbono na biomassa acima do solo por estrato i , espécie j , sob o cenário de linha de base “florestamento/reflorestamento executados durante o período de pré-projeto”; toneladas de C.

$C_{ARB,BB,ij}$ = Estoque de carbono na biomassa abaixo do solo por estrato i , espécie j , sob o cenário de linha de base “florestamento/reflorestamento executados durante o período de pré-projeto”; toneladas de C.

$A_{ARB,ij}$ = Área do estrato i , espécie j , sob o cenário de linha de base “florestamento/reflorestamento executados durante o período de pré-projeto”; hectare (ha).

$V_{ARB,ij}$ = Volume comercializável do estrato i , espécie j , sob o cenário de linha de base “florestamento/reflorestamento executados durante o período de pré-projeto”; m³/ha.

D_j = Densidade da madeira por espécie j ; toneladas de matéria seca por m³ de volume comercializável.

$BEF_{2,j}$ = Fator de expansão para conversão do volume comercializável em biomassa arbórea acima do solo por espécie j ; adimensional.

- $CF_j =$ Fração do carbono da matéria seca por espécie j ; toneladas de C por toneladas de matéria seca.
- $R_j =$ Relação raiz - parte aérea adequada para estoque de biomassa, por espécie j ; tonelada de C por tonelada de C.

Para melhor entendimento do cálculo da estimativa *ex ante* da remoção líquida de GEE por sumidouros da linha de base, na FIGURA 9 estão ilustrados os passos para obtenção da mesma.

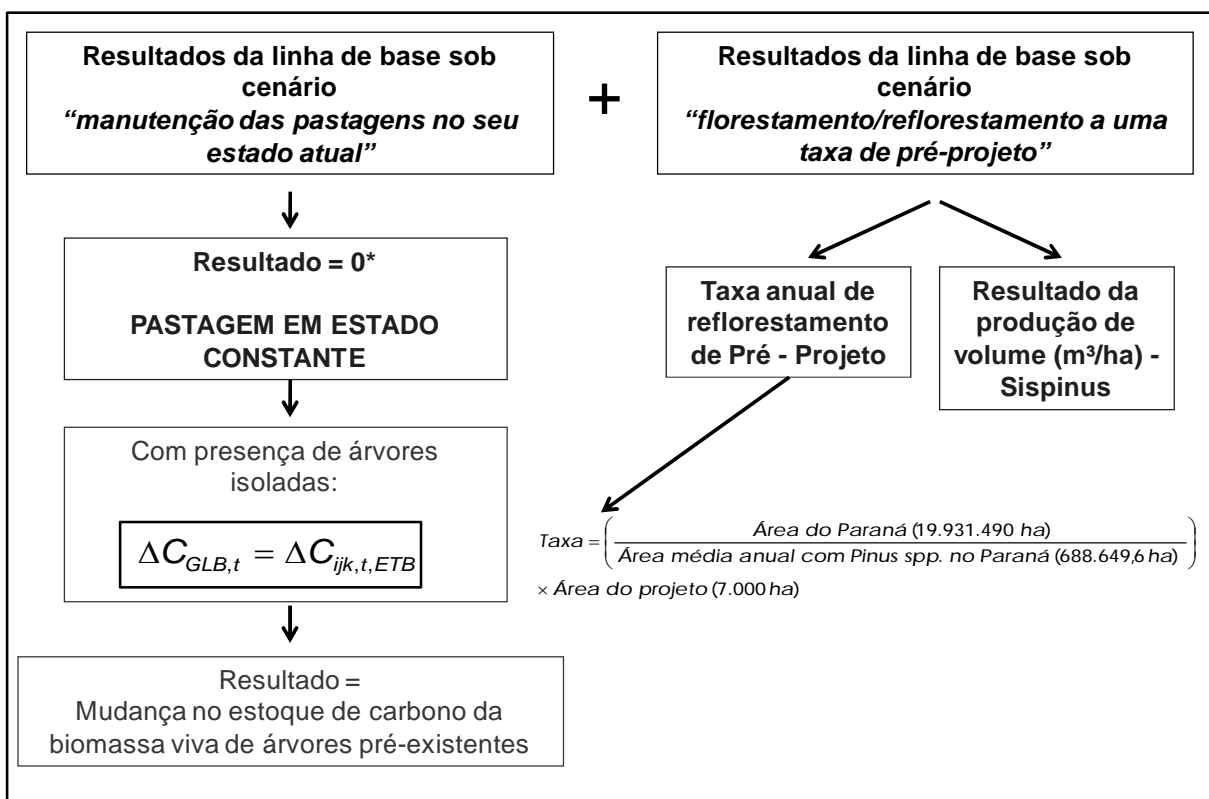


FIGURA 9 – CÁLCULO DA REMOÇÃO LÍQUIDA DE GEE POR SUMIDOUROS DA LINHA DE BASE
* Variável que entrou no cálculo da estimativa no presente estudo.

3.5.2 Estimativa *ex ante* da remoção real líquida de GEE por sumidouros

Conforme CGEE (2008), as remoções reais líquidas de GEE por sumidouros são a soma das mudanças verificáveis nos estoques dos reservatórios de carbono, dentro do limite do projeto, menos o aumento das emissões de GEE provenientes

das fontes (em equivalentes de CO₂) em consequência da implementação da atividade de florestamento ou reflorestamento.

Dessa forma, a estimativa *ex ante* (estimativa realizada antes da implementação do projeto no âmbito do MDL) da remoção real líquida de GEE por sumidouros refere-se às remoções de GEE do cenário de reflorestamento, ou seja, das atividades de reflorestamento implantadas na área do projeto florestal de MDL durante o período de obtenção de créditos. A estimativa *ex ante* da remoção real líquida de GEE por sumidouros foi diferente para cada um dos dois projetos de MDL do presente estudo, e foi realizada utilizando os procedimentos de cálculo fornecidos pela metodologia AR-AM0005, bem como os dados de produção (m³.ha⁻¹) obtidos na simulação dos regimes de manejo, conforme já detalhado no item 3.2.1.

De acordo com a metodologia AR-AM0005, a estimativa *ex ante* da remoção real líquida de GEE envolve: (1) estimar as mudanças no estoque de carbono nos reservatórios de biomassa viva; e (2) estimar o aumento da emissão de GEE por fontes que é resultado da implantação do projeto florestal de MDL, conforme a fórmula (8).

$$\Delta C_{ATUAL,t} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \Delta C_{ijk,t} - GHG_{E,t} \quad (8)$$

Sendo:

$\Delta C_{ATUAL,t}$ = Remoção real líquida de GEE por sumidouros; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano t .

$\Delta C_{ijk,t}$ = Média anual da mudança no estoque de carbono na biomassa viva das árvores por estrato i , espécie j , sub-estrato k ; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano t .

$GHG_{E,t}$ = Emissão de GEE por fontes dentro dos limites do projeto como resultado da execução das atividades do projeto florestal de MDL; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano t .

t = Varia de 1 até o fim do período de obtenção de créditos; anos.

i = Estrato i , (I = número total de estratos).

j = Espécie j , (J = número total de espécies).

k = Sub-estrato k , (K = número total de sub-estratos).

Para melhor entendimento do cálculo da estimativa *ex ante* da remoção real líquida de GEE por sumidouros, na FIGURA 10 estão ilustrados os passos para obtenção da mesma.

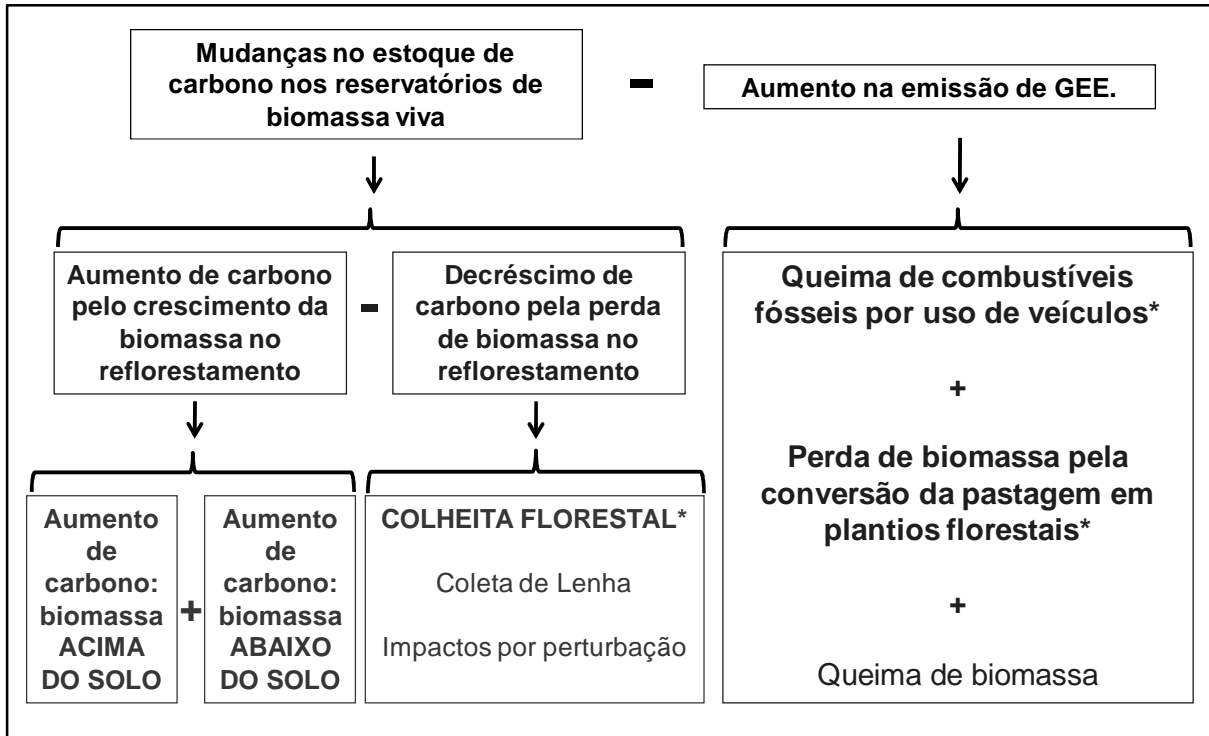


FIGURA 10 – CÁLCULO DA REMOÇÃO REAL LÍQUIDA DE GEE POR SUMIDOUROS

*Variáveis que entraram no cálculo da estimativa no presente estudo.

3.5.2.1 Mudanças no estoque de carbono da biomassa viva de árvores

O cálculo das mudanças no estoque de carbono na biomassa viva de árvores, em um determinado ano, é realizado através da diferença entre o crescimento e a perda anual de biomassa. Para efeitos da metodologia AR-AM0005, a variação anual no estoque de carbono na biomassa viva para o ano t é estimada usando as fórmulas (9), (10) e (11):

$$\Delta C_{ijk,t} = \Delta C_{AB,ijk,t} + \Delta C_{BB,ijk,t} \quad (9)$$

$$\Delta C_{AB,ijk,t} = \Delta C_{G,AB,ijk,t} - \Delta C_{L,AB,ijk,t} \quad (10)$$

$$\Delta C_{BB,ijk,t} = \Delta C_{G,BB,ijk,t} - \Delta C_{L,BB,ijk,t} \quad (11)$$

Sendo:

$\Delta C_{AB,ijk,t}$ = Média anual da mudança no estoque de carbono na biomassa acima do solo por estrato i , espécie j , sub-estrato k ; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano t .

$\Delta C_{BB,ijk,t}$ = Média anual da mudança no estoque de carbono na biomassa abaixo do solo por estrato i , espécie j , sub-estrato k ; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano t .

$\Delta C_{G,AB,ijk,t}$ = Média anual do aumento do carbono na biomassa acima do solo devido ao crescimento de biomassa das árvores por estrato i , espécie j , sub-estrato k ; toneladas de CO₂e.ano⁻¹ no ano t .

$\Delta C_{L,AB,ijk,t}$ = Média anual do decréscimo do carbono na biomassa acima do solo devido à perda de biomassa no estrato i , espécie j , sub-estrato k ; toneladas de CO₂e.ano⁻¹; no ano t .

$\Delta C_{G,BB,ijk,t}$ = Média anual do aumento do carbono na biomassa abaixo do solo devido ao crescimento de biomassa das árvores por estrato i , espécie j , sub-estrato k ; toneladas CO₂e.ano⁻¹, no ano t .

$\Delta C_{L,BB,ijk,t}$ = Média anual do decréscimo do carbono na biomassa abaixo do solo devido à perda de biomassa no estrato i , espécie j , sub-estrato k ; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano t .

Os decréscimos anuais ou perdas de carbono na biomassa viva de árvores resultam de: i) colheita comercial; ii) coleta de lenha; e/ou iii) impactos por perturbação (por exemplo, incêndios, surtos de pragas). Conforme a metodologia AR-AM0005, os impactos por perturbação não precisam ser considerados desde que o distúrbio seja pequeno e seja principalmente associado com os eventos naturais.

Esses cálculos foram realizados utilizando as fórmulas (12) e (13) a seguir, conforme a metodologia AR-AM0005:

$$\Delta C_{L,AB,ijk,t} = \left(\Delta C_{L,AB,ijk,Harvest,t} + \Delta C_{L,AB,ijk,Fwood,t} + \Delta C_{L,AB,ijk,Dist,t} \right) \cdot \frac{44}{12} \quad (12)$$

$$\Delta C_{L,BB,ijk,t} = \left(\Delta C_{L,BB,ijk,Harvest,t} + \Delta C_{L,BB,ijk,Fwood,t} + \Delta C_{L,BB,ijk,Dist,t} \right) \cdot \frac{44}{12} \quad (13)$$

Sendo:

$\Delta C_{L,AB,ijk,Harvest,t}$ = Média anual do decréscimo no estoque de carbono da biomassa acima do solo das árvores devido à colheita comercial por estrato i , espécie j , sub-estrato k ; toneladas de C /ano, no ano t .

$\Delta C_{L,AB,ijk,Fwood,t}$ = Média anual do decréscimo no estoque de carbono da biomassa acima do solo das árvores devido à coleta de lenha por estrato i , espécie j , sub-estrato k ; toneladas de C /ano; no ano t .

$\Delta C_{L,AB,ijk,Dist,t}$ = Média anual do decréscimo no estoque de carbono da biomassa acima do solo das árvores devido à perturbação por estrato i , espécie j , sub-estrato k ; toneladas de C /ano, no ano t .

$\Delta C_{L,BB,ijk,Harvest,t}$ = Média anual do decréscimo no estoque de carbono da biomassa abaixo do solo das árvores devido à colheita comercial por estrato i , espécie j , sub-estrato k ; toneladas de C /ano, no ano t .

$\Delta C_{L,BB,ijk,Fwood,t}$ = Média anual do decréscimo no estoque de carbono da biomassa abaixo do solo das árvores devido à coleta de lenha por estrato i , espécie j , sub-estrato k ; toneladas de C /ano, no ano t .

$\Delta C_{L,BB,ijk,Dist,t}$ = Média anual do decréscimo no estoque de carbono da biomassa abaixo do solo das árvores devido à perturbação por estrato i , espécie j , sub-estrato k ; toneladas de C /ano, no ano t .

$\frac{44}{12}$ = Razão do peso molecular de CO₂ e carbono; adimensional.

t = Varia de 1 até o fim do período de obtenção de créditos; anos

No estudo em questão não foram assumidas perdas de carbono na biomassa viva das árvores por coleta de lenha e impactos por perturbação. Dessa forma, os decréscimos anuais ou perdas de carbono na biomassa viva das árvores, nos dois projetos de MDL, resultam apenas da colheita comercial nos desbastes e no corte raso no final da rotação. Assim:

$$\begin{aligned}\Delta C_{L,AB,ijk,Fwood,t} &= 0 & \Delta C_{L,AB,ijk,Dist,t} &= 0 \\ \Delta C_{L,BB,ijk,Fwood,t} &= 0 & \Delta C_{L,BB,ijk,Dist,t} &= 0\end{aligned}$$

3.5.2.2 Aumento na emissão de GEE

Na metodologia AR-AM0005, o aumento na emissão de GEE por fontes é assumido como resultado: i) da queima de combustíveis fósseis por uso de veículos nas atividades de florestamento/reflorestamento dos projetos; ii) da perda de biomassa devido à conversão de pastagem em plantios florestais como resultado da atividade florestamento/reflorestamento; e iii) da queima de biomassa. Assim, o aumento na emissão de GEE foi estimado conforme a fórmula (14):

$$GHG_{E,t} = E_{Fuel\ Burn,t} + E_{Biomass\ Loss,t} + E_{Non-CO_2,Biomass\ Burn,t} \quad (14)$$

Sendo:

$E_{Fuel\ Burn,t}$ = Emissão de CO₂ a partir da queima de combustíveis fósseis dentro dos limites do projeto; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano t .

$E_{Biomass\ Loss,t}$ = Emissão de GEE a partir da perda de biomassa na preparação e conversão do terreno para florestamento/reflorestamento dentro dos limites do projeto; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano t .

$E_{Non-CO_2,Biomass\ Burn,t}$ = Emissão de gases não-CO₂ como resultado da queima de biomassa dentro dos limites do projeto; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano t .

A metodologia AR-AM0005 indica que se a execução da atividade do projeto de MDL não resultar em queima de biomassa (por exemplo, para preparação do terreno), as emissões de GEE não-CO₂ não precisam ser estimadas.

No presente estudo, o aumento da emissão de GEE por fontes são assumidos como resultados apenas da queima de combustíveis fósseis e da perda

de biomassa devido à conversão de pastagem em plantios de *Pinus taeda*, para os dois projetos de MDL, não sendo assumida a emissão de GEE pela queima de biomassa para preparo do terreno. Sendo assim, $E_{Non-CO_2, Biomass Burn, t} = 0$. Dessa forma, a estimativa do aumento da emissão de GEE, no presente estudo, correspondeu à fórmula (15):

$$GHG_{E, t} = E_{Fuel Burn, t} + E_{Biomass Loss, t} \quad (15)$$

A emissão de GEE a partir da queima de combustíveis fósseis foi considerada para ocorrer a partir do uso de máquinas no preparo do terreno, no plantio, na colheita dos desbastes e na colheita do corte raso, excluindo transporte, conforme prevê a metodologia AR-AM0005.

De acordo com a mesma metodologia, a perda de biomassa devido à remoção da pastagem e/ou outra vegetação pré-existente ocorre quando essa é convertida para plantios florestais através de reflorestamento, como foi o caso considerado no presente estudo.

3.5.3 Estimativa *ex ante* das Fugas

Fuga é aumento das emissões de GEE que ocorre fora do limite de uma atividade do projeto florestal de MDL e deve ser mensurável e atribuível à atividade de florestamento e reflorestamento (CGEE, 2008).

De acordo com o DCP-PLANTAR (2009), a estimativa *ex ante* das fugas do projeto referem-se ao aumento de emissão de GEE a partir da queima de combustíveis fósseis fora dos limites do projeto por veículos motorizados, conforme as fórmulas (16) e (17) a seguir.

$$LK_t = LK_{Vehicle, CO_2, t} + LK_{Activity_Disp, t} \quad (16)$$

$$LK_{Activity_Disp, t} = LK_{Displacement_grazing, t} + LK_{Fuelwood, t} \quad (17)$$

Sendo:

$LK_{Vehicle,CO_2,t}$ = Aumento anual na emissão de CO₂ fora dos limites do projeto devido à queima de combustíveis fósseis por veículos motorizados; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano *t*.

$LK_{Activity_Disp,t}$ = Aumento anual na emissão de GEE fora dos limites do projeto devido ao deslocamento de atividades econômicas; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano *t*.

$LK_{Displacement_grazing,t}$ = Aumento na emissão de GEE fora dos limites do projeto devido ao deslocamento das atividades de pastagem; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano *t*.

$LK_{Fuelwood,t}$ = Aumento na emissão de GEE fora dos limites do projeto devido ao deslocamento da coleta de lenha; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, no ano *t*.

A FIGURA 11 ilustra os passos para o cálculo da estimativa *ex ante* das fugas dos projetos de MDL criados neste estudo.

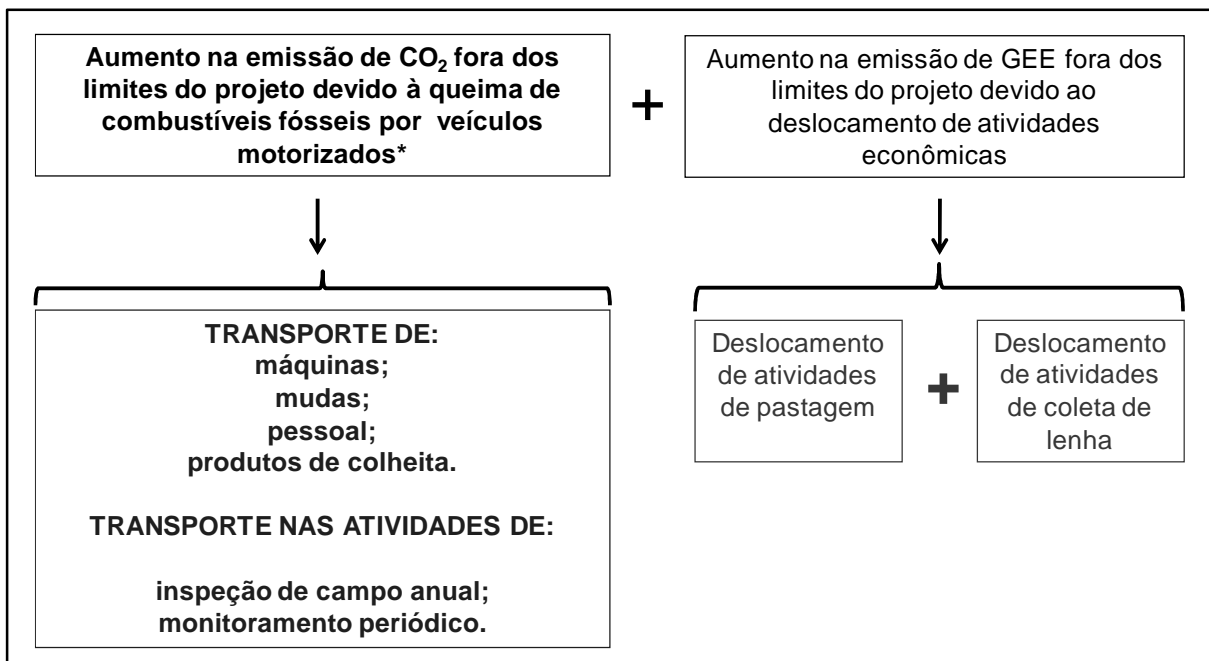


FIGURA 11 – CÁLCULO DAS FUGAS DO PROJETO

*Variáveis que entraram no cálculo da estimativa no presente estudo.

Dessa forma, as fugas referem-se ao resultado do aumento de emissão de GEE a partir da queima de combustíveis fósseis fora dos limites do projeto, com

transporte de máquinas, mudas, pessoal (mão-de-obra) e produtos de colheita, bem como com transporte nas atividades de inspeção de campo anual e monitoramento periódico. As fugas relativas ao deslocamento de atividades de coleta de lenha e de pastagem não são assumidas, sendo considerado $LK_{Activity_Disp,t} = 0$. Assim, o cálculo da estimativa das fugas dos dois projetos de MDL é representado por:

$$LK_t = LK_{Vehicle,CO_2,t}$$

3.5.4 Estimativa *ex ante* da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros

A remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros refere-se à remoção líquida de GEE da atividade de reflorestamento implantada, descontando as remoções da linha de base e as fugas do projeto (CGEE, 2008). Assim, no presente estudo a estimativa *ex ante* (estimativa realizada antes da implementação do projeto no âmbito do MDL) da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros foi obtida por meio da fórmula (18) prevista na metodologia AR-AM0005:

$$C_{AR-CDM,t} = \Delta C_{ACTUAL,t} - \Delta C_{BSL,t} - LK_t \quad (18)$$

Sendo:

$C_{AR-CDM,t}$ = Remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, para o ano *t*.

$\Delta C_{ACTUAL,t}$ = Remoção real líquida de GEE por sumidouros; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, para o ano *t*.

$\Delta C_{BSL,t}$ = Remoção líquida de GEE por sumidouros da linha de base; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, para o ano *t*.

LK_t = Fugas do projeto; toneladas de CO₂e.ano⁻¹, para o ano *t*.

3.5.5 Estimativa das Reduções Certificadas de Emissões (RCEs)

Reduções certificadas de emissões (RCEs), também conhecidas como “créditos de carbono”, são as unidades emitidas pelo Conselho Executivo do MDL correspondentes a cada tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO_2e) que é removida da atmosfera, decorrente da atividade do projeto florestal de MDL (MCT, 2009). O mesmo autor explicou as RCEs temporárias (RCEt) e as RCEs de longo prazo (RCEl):

A RCEt é uma RCE emitida para uma atividade de projeto de florestamento ou reflorestamento no âmbito do MDL que perde a validade ao final do período de compromisso subsequente àquele em que foi emitida.

A RCEl é uma RCE emitida para uma atividade de projeto de florestamento e reflorestamento no âmbito do MDL que perde a validade ao final do período de obtenção de créditos da atividade de projeto de florestamento e reflorestamento, no âmbito do MDL para o qual tenha sido emitida. A RCEl é ainda classificada em RCEl com reversão e sem reversão. Entretanto, as duas classificações resultam na mesma quantidade de RCEl no final do período de obtenção de créditos do projeto florestal de MDL, mudando apenas a forma de emissão das RCEl durante esse período.

O cálculo das RCEs (RCEt e RCEl) dos dois projetos de MDL criados no presente estudo, foi realizado por meio da ferramenta TARAM V1.3. Para isso, foi considerado um intervalo de emissão de RCEs de 5 anos.

Não existe uma regra específica para determinação do primeiro ano de emissão de RCEs. A definição desse ano fica a critério do elaborador do projeto florestal de MDL. Dessa forma, foi previsto o início da emissão de RCEs no 5º ano, ou seja, 2014 para os dois projetos de MDL criados.

Para o projeto de MDL (1), foi calculada a emissão de RCEs de 5 em 5 anos durante os 20 anos de período de obtenção de créditos. Para o projeto de MDL (2), foi calculada a emissão de RCEs de 5 em 5 anos durante os 30 anos de período de obtenção de créditos.

A quantidade de RCEt e RCEI foi calculada por hectare, para cada ano de emissão, a fim de obter as receitas por hectare de cada um dos projetos de MDL estudados.

O valor em dólar das RCEs/ha foi calculado utilizando o preço da RCEt em 2009, conforme informado por *Ecosystem Marketplace* (2010), no documento “*State of the Forest Carbon Markets 2009*”. Segundo esse documento, o preço da RCEt em 2009, no mercado do MDL foi de US\$ 4,76.

Os custos de transação por hectare dos projetos de MDL estudados também foram calculados, com base na média dos valores informados pelo *United Nations Development Programme* (UNDP) (2006). A descrição dos custos e seus respectivos valores estão apresentados no QUADRO 9. Vale ressaltar que os valores de custos informados devem ser entendidos como indicativos e não como base para decisões de investimento, uma vez que os custos de transação podem variar consideravelmente conforme o tipo de projeto de MDL.

Ano do projeto	Etapa	Valor Médio (US\$)	Valor Médio (US\$.ha ⁻¹)
0	Pré-desenvolvimento do projeto	10.000,00	1,43
0	Elaboração do DCP	32.500,00	4,64
0	Validação	25.000,00	3,57
0	Aprovação	2.500,00	0,36
0	Registro	17.500,00	2,50
0	Outros custos (Contrato, etc)	15.000,00	2,14
5 em 5 anos a partir do 5º ano	Monitoramento (por ano de monitoramento)	7.500,00	1,07
5	Primeira Verificação / Certificação	20.000,00	2,86
5 em 5 anos a partir do 5º ano	Verificação / Certificação (Subsequentes)	12.500,00	1,79
5 em 5 anos a partir do 5º ano	Emissão das RCEs	*	*

QUADRO 9 – CUSTOS MÉDIOS DE TRANSAÇÃO (US\$) DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL
 *NOTA: US\$0,10/RCE nos primeiros 15.000 RCE por ano e US\$0,20 para cada RCE adicional, até o máximo de US\$350.000.

FONTE: Adaptado de UNDP (2006)

Com os resultados das receitas/ha (RCEt e RCEI) e dos custos/ha, foi calculado o valor presente líquido (VPL), em dólar, para os dois projetos de MDL.

Para o cálculo do VPL foi utilizada uma taxa de desconto de 10% ao ano, recomendada pelo Centro de Estudos Integrados sobre o Meio Ambiente e Mudanças Climáticas do Ministério do Meio Ambiente no documento publicado em

Brasil (2002)³, conforme citado por Nishi *et al.* (2005). Assim, o cálculo do VPL/ha foi realizado por meio da fórmula (19):

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j} \quad (19)$$

Sendo:

R_j = Receitas das RCEs no final do ano “j”;

C_j = Custos de transação do projeto florestal de MDL no final do ano “j”;

n = Duração do projeto em anos;

i = Taxa de desconto.

O VPL/ha dos dois projetos de MDL foi convertido para a moeda brasileira (real – R\$) utilizando o valor do dólar de 05 de março de 2010 (R\$1,786 por dólar), conforme informado pelo jornal Folha de São Paulo (2010). Nesse cálculo considerou-se separadamente RCEt, RCEI com reversão e RCEI sem reversão.

³BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Critérios de elegibilidade e indicadores de sustentabilidade para avaliação de projetos que contribuam para a mitigação das mudanças climáticas e para a promoção do desenvolvimento sustentável**. Brasília: [s.n.], 2002. 42 p. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/clima/doc/criterios.doc>. Acesso em: 20/12/2002.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 SIMULAÇÃO DE DIVERSOS REGIMES DE MANEJO PARA *Pinus taeda* L.

Os regimes de manejo com *Pinus taeda* simulados com as idades de corte raso de 20 e 30 anos são caracterizados pelos seus diferentes desbastes e diferentes densidades iniciais.

Para melhor entendimento dos resultados expostos a seguir, os diferentes desbastes dos regimes de manejo simulados com a idade de corte raso de 20 anos serão referenciados no texto conforme os nomes definidos no QUADRO 10. O mesmo procedimento foi utilizado para referenciar os diferentes desbastes dos regimes de manejo simulados com idade de corte raso de 30 anos (QUADRO 11).

Nome do desbaste	Descrição do desbaste
Desbaste I	1º desbaste aos 6 anos, 2º desbaste aos 9 anos e 3º desbaste aos 13 anos.
Desbaste II	1º desbaste aos 7 anos, 2º desbaste aos 10 anos e 3º desbaste aos 14 anos.
Desbaste III	1º desbaste aos 8 anos, 2º desbaste aos 11 anos e 3º desbaste aos 15 anos.
Desbaste IV	1º desbaste aos 6 anos, 2º desbaste aos 11 anos e 3º desbaste aos 15 anos.
Desbaste V	1º desbaste aos 7 anos, 2º desbaste aos 12 anos e 3º desbaste aos 16 anos.
Desbaste VI	1º desbaste aos 8 anos, 2º desbaste aos 13 anos e 3º desbaste aos 17 anos.

QUADRO 10 – DESCRIÇÃO DOS DESBASTES QUE COMPÕEM OS REGIMES DE MANEJO COM A IDADE DE CORTE RASO DE 20 ANOS

Nome do desbaste	Descrição do desbaste
Desbaste VII	1º desbaste aos 6 anos, 2º desbaste aos 9 anos, 3º desbaste aos 13 anos e 4º desbaste aos 18 anos.
Desbaste VIII	1º desbaste aos 7 anos, 2º desbaste aos 10 anos, 3º desbaste aos 14 anos e 4º desbaste aos 19 anos.
Desbaste IX	1º desbaste aos 8 anos, 2º desbaste aos 11 anos, 3º desbaste aos 15 anos e 4º desbaste aos 20 anos.
Desbaste X	1º desbaste aos 6 anos, 2º desbaste aos 11 anos e 3º desbaste aos 15 anos e 4º desbaste aos 20 anos.
Desbaste XI	1º desbaste aos 7 anos, 2º desbaste aos 12 anos e 3º desbaste aos 16 anos e 4º desbaste aos 21 anos.
Desbaste XII	1º desbaste aos 8 anos, 2º desbaste aos 13 anos e 3º desbaste aos 17 anos e 4º desbaste aos 22 anos.

QUADRO 11 – DESCRIÇÃO DOS DESBASTES QUE COMPÕEM OS REGIMES DE MANEJO COM A IDADE DE CORTE RASO DE 30 ANOS

4.1.1 Valor presente líquido por hectare dos regimes de manejo

O valor presente líquido (VPL) por hectare dos regimes de manejo com *Pinus taeda* foi calculado com base no valor presente das receitas da madeira em pé, e no valor presente dos custos do povoamento em pé (desconsiderando custos de colheita e transporte). Uma taxa de desconto de 10% ao ano foi utilizada, conforme explicado no item 3.2.2, previamente.

O valor presente dos custos por hectare foi o mesmo para todos os regimes de manejo com idade de corte raso de 20 anos e totalizou R\$ 4.498,13, conforme apresentado no QUADRO 12.

Ano do projeto	Descrição	Custos (R\$.ha ⁻¹)	Valor Presente dos custos (R\$.ha ⁻¹)
0	Custos de implantação e com tratos culturais	2.312,00	2.312,00
1	Custos com tratos culturais e custos anuais	1.150,00	1.045,45
2	Custos anuais	150,00	123,97
3	Custos anuais	150,00	112,70
4	Custos anuais	150,00	102,45
5	Custos anuais	150,00	93,14
6	Custos anuais	150,00	84,67
7	Custos anuais	150,00	76,97
8	Custos anuais	150,00	69,98
9	Custos anuais	150,00	63,61
10	Custos anuais	150,00	57,83
11	Custos anuais	150,00	52,57
12	Custos anuais	150,00	47,79
13	Custos anuais	150,00	43,45
14	Custos anuais	150,00	39,50
15	Custos anuais	150,00	35,91
16	Custos anuais	150,00	32,64
17	Custos anuais	150,00	29,68
18	Custos anuais	150,00	26,98
19	Custos anuais	150,00	24,53
20	Custos anuais	150,00	22,30
Total		6.312,00	4.498,13

QUADRO 12 – CUSTOS POR HECTARE DOS REGIMES DE MANEJO COM IDADE DE CORTE RASO DE 20 ANOS

FONTE: Valores calculados a partir das informações de custo por hectare de Yoshitani Junior (2009)

Da mesma forma, para todos os regimes de manejo com idade de corte raso de 30 anos, o valor presente dos custos por hectare foi o mesmo e totalizou R\$ 4.635,13 (QUADRO 13).

Ano do projeto	Descrição	Custos (R\$.ha ⁻¹)	Valor Presente dos custos (R\$.ha ⁻¹)
0	Custos de implantação e com tratos culturais	2.312,00	2.312,00
1	Custos com tratos culturais e custos anuais	1.150,00	1.045,45
2	Custos anuais	150,00	123,97
3	Custos anuais	150,00	112,70
4	Custos anuais	150,00	102,45
5	Custos anuais	150,00	93,14
6	Custos anuais	150,00	84,67
7	Custos anuais	150,00	76,97
8	Custos anuais	150,00	69,98
9	Custos anuais	150,00	63,61
10	Custos anuais	150,00	57,83
11	Custos anuais	150,00	52,57
12	Custos anuais	150,00	47,79
13	Custos anuais	150,00	43,45
14	Custos anuais	150,00	39,50
15	Custos anuais	150,00	35,91
16	Custos anuais	150,00	32,64
17	Custos anuais	150,00	29,68
18	Custos anuais	150,00	26,98
19	Custos anuais	150,00	24,53
20	Custos anuais	150,00	22,30
21	Custos anuais	150,00	20,27
22	Custos anuais	150,00	18,43
23	Custos anuais	150,00	16,75
24	Custos anuais	150,00	15,23
25	Custos anuais	150,00	13,84
26	Custos anuais	150,00	12,59
27	Custos anuais	150,00	11,44
28	Custos anuais	150,00	10,40
29	Custos anuais	150,00	9,46
30	Custos anuais	150,00	8,60
Total		7.812,00	4.635,13

QUADRO 13 – CUSTOS POR HECTARE DOS REGIMES DE MANEJO COM IDADE DE CORTE RASO DE 30 ANOS

FONTE: Valores calculados a partir das informações de custo por hectare de Yoshitani Junior (2009)

No GRÁFICO 1 e na TABELA 1 estão apresentados os resultados de VPL.ha⁻¹ dos regimes de manejo simulados com idade de corte raso de 20 anos. Pode-se notar que dentre os regimes de manejo com a mesma densidade inicial, aqueles com o desbaste III (intervenção aos 8, 11 e 15 anos) foram os que apresentaram maior VPL.ha⁻¹.

Observou-se também que dentre os regimes de manejo com mesmo tipo de desbaste, os que apresentaram maior VPL.ha⁻¹ foram os regimes com densidade inicial de 2.500 indivíduos por hectare. Isso ocorreu, pois os regimes de manejo com

densidades iniciais maiores foram os que obtiveram maior receita devido à maior produção de volume de madeira por hectare.

Com a análise dos resultados obtidos, verificou-se que o regime de manejo com densidade inicial de 2.500 indivíduos por hectare e com o desbaste III foi o que apresentou melhor resultado de VPL.ha⁻¹ (R\$ 1.343,77), dentre os regimes simulados com idade de corte raso de 20 anos (TABELA 1).

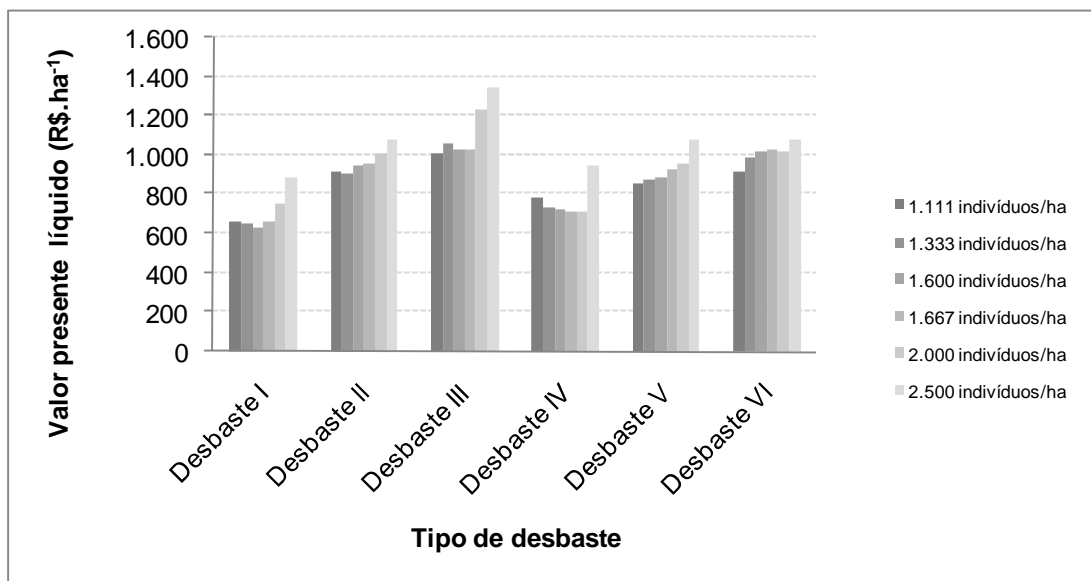


GRÁFICO 1 – VALOR PRESENTE LÍQUIDO POR HECTARE DOS REGIMES DE MANEJO SIMULADOS COM IDADE DE CORTE RASO DE 20 ANOS

TABELA 1 – VALOR PRESENTE LÍQUIDO POR HECTARE DOS REGIMES DE MANEJO SIMULADOS COM IDADE DE CORTE RASO DE 20 ANOS

Tipo de desbaste	Densidades iniciais (indivíduos/ha)					
	1111	1333	1600	1667	2000	2500
Desbaste 1	R\$ 666,92	R\$ 656,30	R\$ 628,41	R\$ 658,04	R\$ 757,32	R\$ 884,88
Desbaste 2	R\$ 912,78	R\$ 911,87	R\$ 950,56	R\$ 957,45	R\$ 1.007,41	R\$ 1.084,12
Desbaste 3	R\$ 1.009,44	R\$ 1.058,27	R\$ 1.032,29	R\$ 1.027,94	R\$ 1.232,01	R\$ 1.343,77
Desbaste 4	R\$ 784,33	R\$ 734,07	R\$ 724,02	R\$ 712,75	R\$ 717,24	R\$ 951,84
Desbaste 5	R\$ 853,38	R\$ 881,19	R\$ 885,71	R\$ 927,71	R\$ 957,61	R\$ 1.078,05
Desbaste 6	R\$ 912,45	R\$ 985,48	R\$ 1.015,43	R\$ 1.033,86	R\$ 1.017,87	R\$ 1.082,20

Os resultados obtidos nos regimes de manejo simulados com idade de corte raso de 30 anos foram similares aos resultados obtidos com os regimes com corte raso de 20 anos.

Assim, foi observado que dentre os regimes de manejo (corte raso aos 30 anos) com mesmo tipo de desbaste, aqueles com densidade inicial de 2.500 indivíduos por hectare foram os que apresentaram maior VPL.ha⁻¹ (GRÁFICO 2 e

TABELA 2). Pode-se observar ainda, que dentre os regimes com mesma densidade inicial, os que apresentaram maior VPL.ha⁻¹ foram os regimes com o desbaste IX (intervenção aos 8, 11, 15 e 20 anos).

Dessa forma, o regime de manejo com densidade inicial de 2.500 indivíduos por hectare e com o desbaste IX foi o que apresentou melhor resultado de VPL.ha⁻¹ (R\$ 948,47), dentre os regimes de manejo simulados com a idade de corte raso de 30 anos (TABELA 2).

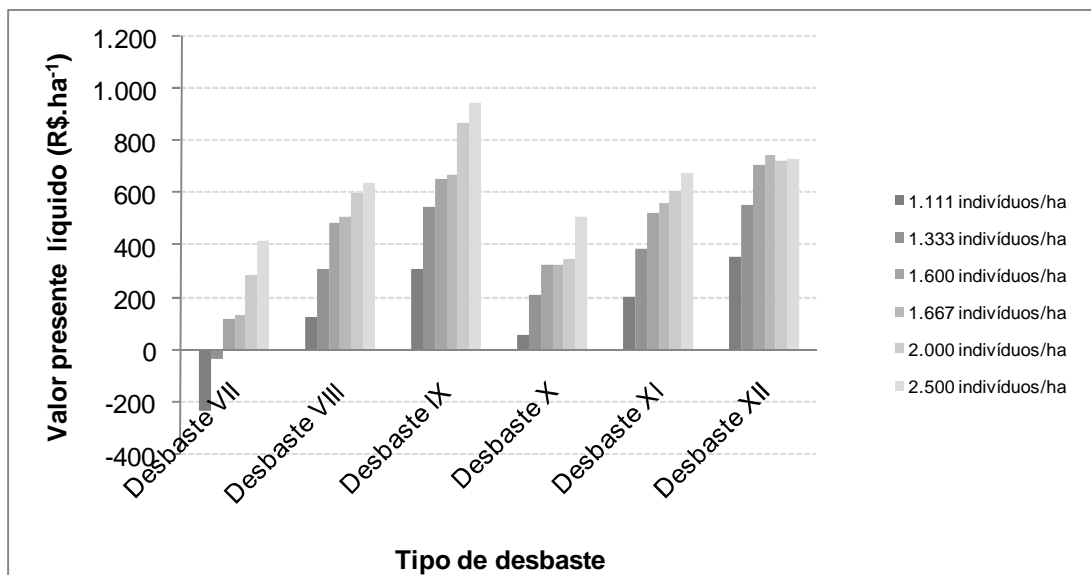


GRÁFICO 2 – VALOR PRESENTE LÍQUIDO POR HECTARE DOS REGIMES DE MANEJO SIMULADOS COM IDADE DE CORTE RASO DE 30 ANOS

TABELA 2 – VALOR PRESENTE LÍQUIDO POR HECTARE DOS REGIMES DE MANEJO SIMULADOS COM IDADE DE CORTE RASO DE 30 ANOS

Regime de Desbaste	Densidades iniciais					
	1111	1333	1600	1667	2000	2500
Desbaste 7	-R\$ 230,20	-R\$ 33,49	R\$ 123,23	R\$ 134,60	R\$ 286,80	R\$ 418,49
Desbaste 8	R\$ 128,18	R\$ 308,17	R\$ 486,06	R\$ 513,66	R\$ 606,66	R\$ 640,29
Desbaste 9	R\$ 311,18	R\$ 551,99	R\$ 658,61	R\$ 673,84	R\$ 872,83	R\$ 948,47
Desbaste 10	R\$ 61,42	R\$ 210,84	R\$ 323,57	R\$ 325,72	R\$ 349,81	R\$ 514,82
Desbaste 11	R\$ 207,89	R\$ 387,78	R\$ 528,85	R\$ 568,32	R\$ 608,55	R\$ 677,10
Desbaste 12	R\$ 355,71	R\$ 560,59	R\$ 712,06	R\$ 745,87	R\$ 727,00	R\$ 731,57

Analisando os resultados expostos, pode-se observar que alguns regimes de manejo com idade de corte raso de 30 anos apresentaram valor negativo de VPL.ha⁻¹, ou seja, são considerados inviáveis no planejamento florestal. Isso pode ser atribuído ao maior tempo de rotação dos regimes de manejo com idade de corte raso de 30 anos. De acordo com Nishi *et al.* (2005), quanto mais próximas do ano

zero ocorrerem as receitas, menos estas serão afetadas pela taxa de desconto utilizada.

Yoshitani Junior (2009), para um regime de manejo de *Pinus taeda* com rotação de 26 anos, com 6 desbastes e com densidade inicial de 2.500 indivíduos por hectare, encontrou um VPL.ha⁻¹ de R\$ 453,59, a uma taxa de 9% ao ano. No mesmo estudo, o autor indica que o VPL.ha⁻¹ foi negativo utilizando taxas superiores a 9,49% ao ano.

No presente estudo, os resultados de VPL.ha⁻¹, tanto para os regimes de manejo com idade de corte raso de 20 anos, quanto para os regimes de manejo com idade de corte raso de 30 anos, foram na maioria positivos para a taxa de desconto de 10% ao ano. Além disso, os regimes de manejo com idade de corte raso de 20 anos obtiveram em geral VPL.ha⁻¹ superior aos regimes de manejo com idade de corte raso de 30 anos.

4.2 PROJETOS FLORESTAIS DE MDL

Os dois projetos de MDL criados neste estudo têm o mesmo cenário de linha de base, diferenciando-se apenas com relação aos cenários de reflorestamento.

Os cenários de reflorestamento dos dois projetos de MDL foram determinados com base no resultado da simulação dos regimes de manejo que apresentaram maior VPL.ha⁻¹ (um regime com idade de corte raso de 20 anos e outro com idade de corte raso de 30 anos), conforme demonstrado anteriormente no item 4.1.1.

O regime de manejo com densidade inicial de 2.500 indivíduos por hectare e com desbastes aos 8, 11 e 15 anos, foi o que apresentou melhor resultado de VPL, dentre os regimes simulados com idade de corte raso de 20 anos, e foi selecionado para compor o **projeto de MDL (1)**. Os valores de volume (m³.ha⁻¹) do regime de manejo mencionado compõem o cenário de reflorestamento do projeto de MDL (1) e são resultantes da simulação realizada com o *software* SisPinus (QUADRO 14).

Para o projeto de MDL (1) foi determinado um período de obtenção de créditos do MDL de 20 anos (2010-2029).

Idade	Volume (m ³ .ha ⁻¹)
1	0,0
2	0,8
3	9,1
4	31,8
5	68,4
6	115,1
7	168,1
8	224,4
O povoamento foi desbastado pela remoção de 1 em cada 5 linhas, e então o povoamento foi desbastado pela remoção de 82,4 m ³ .ha ⁻¹ .	
9	190,6
10	234,3
11	277,8
O povoamento foi desbastado pela remoção de 108,6 m ³ .ha ⁻¹ .	
12	191,6
13	226,7
14	260,2
15	292,7
O povoamento foi desbastado pela remoção de 69,7 m ³ .ha ⁻¹ .	
16	261,9
17	291,2
18	319,6
19	347,4
20	374,7
O povoamento foi removido pelo corte raso de 374,7 m ³ .ha ⁻¹ .	

QUADRO 14 – VOLUME POR HECTARE DO REGIME DE MANEJO COM DENSIDADE INICIAL DE 2.500 INDIVÍDUOS POR HECTARE, COM DESBASTE AOS 8, 11 E 15 ANOS E CORTE RASO AOS 20 ANOS

FONTE: resultados da simulação do SisPinus (EMBRAPA, 2002)

Com relação aos regimes de manejo com idade de corte raso de 30 anos, o regime com densidade inicial de 2.500 indivíduos por hectare e com desbastes aos 8, 11, 15 e 20 anos, foi o que apresentou melhor resultado VPL. Esse regime de manejo foi selecionado para compor o **projeto de MDL (2)**. Os valores de volume (m³.ha⁻¹) desse regime de manejo são resultantes da simulação realizada com o *software* SisPinus (QUADRO 15) e foram utilizados para compor o cenário de reflorestamento do projeto de MDL (2).

Para o projeto de MDL (2) foi adotado um único período de obtenção de créditos de 30 anos (2010 – 2039).

Idade	Volume (m³.ha⁻¹)
1	0,0
2	0,8
3	9,1
4	31,8
5	68,4
6	115,1
7	168,1
8	224,4
O povoamento foi desbastado pela remoção de 1 em cada 5 linhas, e então o povoamento foi desbastado pela remoção de 82,4 m ³ /ha.	
9	190,6
10	234,3
11	277,8
O povoamento foi desbastado pela remoção de 108,6 m ³ /ha.	
12	191,6
13	226,7
14	260,2
15	292,7
O povoamento foi desbastado pela remoção de 69,7 m ³ /ha.	
16	261,9
17	291,2
18	319,6
19	347,4
20	374,7
O povoamento foi desbastado pela remoção de 91,6 m ³ /ha.	
21	315,9
22	341
23	365,5
24	389,5
25	413,1
26	436,3
27	459,2
28	481,7
29	503,7
30	525,1
O povoamento foi removido pelo corte raso de 525,1 m ³ /ha.	

QUADRO 15 – VOLUME TOTAL POR HECTARE DO REGIME DE MANEJO COM DENSIDADE INICIAL DE 2.500 INDIVÍDUOS POR HECTARE, COM DESBASTES NAS IDADES 8, 11, 15 E 20 ANOS E CORTE RASO AOS 30 ANOS

FONTE: resultados da simulação do SisPinus (EMBRAPA, 2002)

4.3 CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA TARAM

4.3.1 Planilha *Meth* da ferramenta TARAM V1.3

O trabalho com a ferramenta iniciou na planilha *Meth*, onde foi selecionada a metodologia de MDL aprovada. No presente estudo a metodologia selecionada foi a AR-AM0005 “Atividades de florestamento e reflorestamento implementadas para usos industriais e/ou comerciais” (FIGURA 12). Esse procedimento foi realizado igualmente para os dois projetos de MDL do presente estudo.

Choose the methodology that is applicable to the proposed AR-CDM project activity	
This methodology can be used for the selected methodology, but some notations used in this tool are different to the ones used in the methodology description.	
Methodology ID	Description
AR-AM0005	Reforestation of degraded land --- Version 2
AR-AM0001	Restoration of degraded lands through afforestation/reforestation --- Version 1
AR-AM0002	Afforestation and reforestation of degraded land through tree planting, assisted natural regeneration and control of animal grazing --- Version 3
AR-AM0003	Reforestation or afforestation of land currently under agricultural use --- Version 2
AR-AM0004	Afforestation and reforestation project activities implemented for industrial and/or commercial uses --- Version 1
AR-AM0005	Afforestation/Reforestation with Trees Supported by Shrubs on Degraded Land --- Version 1
AR-AM0006	Afforestation and Reforestation of land currently under agricultural or pastoral use --- Version 2
AR-AM0007	Afforestation or Reforestation on degraded land for sustainable wood production --- Version 2
AR-AM0008	Afforestation or reforestation on degraded land allowing for silvopastoral activities --- Version 2
AR-AM0009	Afforestation and reforestation project activities implemented on unmanaged grassland in reserve/protected areas --- Version 2
AR-AM0010	

FIGURA 12 – TELA DA FERRAMENTA TARAM V1.3 ONDE É SELECIONADA A METODOLOGIA DE MDL APROVADA

FONTE: customização da ferramenta TARAM V1.3

4.3.2 Planilha *Species* da ferramenta TARAM V1.3

Na planilha *Species* foram inseridos valores referentes à espécie *Pinus taeda*, conforme explicado anteriormente no item 3.4., sendo: i) duas variáveis calculadas (QUADRO 16); e ii) dois padrões definidos conforme literatura especializada (QUADRO 17).

Variável	Notação	Valor	Unidade
Fração de carbono da matéria seca de <i>Pinus taeda</i>	FC	0,454	tonelada de C por tonelada de matéria seca
Relação raiz / parte aérea	R	0,180	adimensional

QUADRO 16 – VARIÁVEIS DE *Pinus taeda* NECESSÁRIAS PARA CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA TARAM V1.3

Variável	Notação	Valor	Unidade	Referência
Densidade da madeira de <i>Pinus taeda</i>	D	0,36108	Tonelada por m ³	SETTE JUNIOR <i>et al.</i> (2006)
Fator de expansão de biomassa para <i>Pinus taeda</i>	FEB	1,3	adimensional	Tabela 3A.1.10 – Valor padrão do IPCC (2003)

QUADRO 17 – PADRÕES DEFINIDOS PARA *Pinus taeda* NECESSÁRIOS PARA CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA TARAM V1.3

O cálculo das variáveis apresentadas no QUADRO 16 foi realizado com base em dados de biomassa e carbono coletados de 18 árvores de *Pinus taeda* na região de General Carneiro, conforme já descrito no item 3.1. A fração de carbono da matéria seca de *Pinus taeda* foi obtida através da média dos teores de carbono das árvores-amostras. A relação raiz/parte aérea de *Pinus taeda* foi obtida através da média do quociente entre a biomassa seca da raiz e a biomassa seca da parte aérea das árvores-amostras.

O valor de densidade de madeira de *Pinus taeda* (QUADRO 17) foi definido por meio da média dos resultados encontrados no estudo desenvolvido por Sette Junior *et al.* (2006), ou seja, valores médios de densidade básica de 157 árvores para diferentes idades (5, 12, 14, 18, 25 e 26 anos) de povoamentos de *Pinus taeda* em Rio Negrinho (SC).

O fator de expansão de biomassa (FEB) é um valor que permite a obtenção da estimativa de biomassa de uma determinada espécie através de outras variáveis, como por exemplo, o volume e a densidade da madeira.

No presente estudo, o FEB para *Pinus taeda* foi obtido na tabela 3A.1.10. do IPCC (2003), que fornece valores padrão de fator de expansão de biomassa (FEB) por zona climática e tipo de floresta. Para definição do FEB para a espécie *Pinus taeda* foi utilizado o valor médio referente à zona climática “temperada” e o tipo de floresta “Pinus”.

A FIGURA 13 ilustra a parte da planilha *Species* onde são inseridos os dados citados previamente, com a listagem das espécies arbóreas utilizadas nas simulações dos projetos de MDL. Pode-se observar que os dados da espécie *Pinus taeda* foram inseridos duas vezes (linha 001 e linha 002), conforme especificações da própria TARAM V1.3. A ferramenta orienta que quando ocorre uma mesma espécie no cenário de reflorestamento e no cenário de linha de base, os dados da espécie devem ser inseridos repetidamente em linhas diferentes da planilha.

Assim, no presente estudo a linha 001 refere-se ao cenário de reflorestamento (plantio de *Pinus taeda* para implantação do projeto de MDL) e a linha 002 se refere à linha de base sob o cenário “*florestamento/reflorestamento executado a uma taxa de pré-projeto determinada*”.

Esses procedimentos foram realizados igualmente para os dois projetos de MDL criados neste estudo.

Species												
For each species or group of species that you have in the baseline and project scenario specify the appropriate parameter values. Choose conservative values. When using IPCC default values for BEF _j and R _j specify the upper value for species in the baseline and the lower one for species in the project scenario. If the same species exist in both scenario, specify the parameter values for each scenario separately.												
Species ID	Species or group of species	Nitrogen fixing?	Wood Density	Carbon fraction	Biomass Expansion Factor		Root to shoot ratio			Applicability of R _j according to above-ground biomass (AGB)		
ID _j	Species may be grouped if they have similar growth behavior and if the parameters on the right are similar for each species included in the group.		D _j	CF _j	BEF _{j-1} (Method 1)	BEF _{j-2} (Method 2) Recommended	R _{j-1}	R _{j-2}	R _{j-3}	Use R _{j-1} when AGB is less than	Use R _{j-2} when AGB is between	Use R _{j-3} when AGB is above
1,2,3,	dimensionless		t d.m. m ⁻³	t C (t d.m.) ⁻¹	dimensionless		dimensionless			t d.m. ha ⁻¹	t d.m. ha ⁻¹	t d.m. ha ⁻¹
001	Pinus taeda	no	0,36	0,45		1,30	0,18					
	Pinus taeda 2	no	0,36	0,45		1,30	0,18					

FIGURA 13 – PARTE DA PLANILHA *SPECIES* DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS DE *Pinus taeda*

FONTE: customização da ferramenta TARAM V1.3

4.3.3 Planilha *BLS1* da ferramenta TARAM V1.3

A planilha *BLS1* requer o preenchimento dos campos com dados referentes ao cenário de linha de base. Assim, na planilha há campos para preenchimento com dados de vegetação não arbórea e/ou não lenhosa, bem como para preenchimento com dados de vegetação arbórea e/ou lenhosa, caso o cenário de linha de base contenha árvores isoladas. Como no presente estudo, não foi considerada a presença de árvores isoladas, foram preenchidos apenas os campos referentes à vegetação não arbórea, ou seja, a vegetação de pastagem que compõe a linha de base sob o cenário “*manutenção das pastagens em seu estado atual*”.

Nessa planilha foram preenchidos os seguintes campos:

- Cobertura do solo*, onde foi selecionada a opção “a” que se refere à ausência de crescimento de árvores ou espécies lenhosas perenes;
- Uso do solo*, onde foi selecionada a opção “b” que se refere à pastagem;

- c) *Média da biomassa não lenhosa viva acima do solo pré-existente (pastagem)*, que foi preenchida conforme descrito no QUADRO 18;
- d) *Média da fração de carbono da biomassa seca da vegetação não lenhosa pré-existente (pastagem)*, que foi preenchida conforme descrito no QUADRO 18; e
- e) *Relação raiz / parte aérea da vegetação não lenhosa pré-existente (pastagem)*, preenchida conforme descrito no QUADRO 18.

Variável	Valor	Unidade	Referência
Média da biomassa não lenhosa viva acima do solo pré-existente (pastagem)	2,7	tonelada de matéria seca por hectare	Tabela 3.4.2. – Valor padrão do IPCC (2003)
Média da fração de carbono da biomassa seca da vegetação não lenhosa pré-existente (pastagem)	0,5	tonelada de C por tonelada de matéria seca	Valor Padrão do IPCC
Relação raiz/parte aérea da vegetação não lenhosa pré-existente (pastagem)	1,60	Adimensional	Tabela 3.4.3. – Valor Padrão do IPCC (2003)

QUADRO 18 – PADRÕES DEFINIDOS PARA VEGETAÇÃO DE PASTAGEM NECESSÁRIOS PARA CUSTOMIZAÇÃO DA FERRAMENTA TARAM V1.3

A média da biomassa da pastagem foi retirada da tabela 3.4.2. do IPCC (2003), que fornece estimativas de biomassa de pastagem (matéria seca) classificadas por zonas climáticas do IPCC. Para definição dessa variável foi utilizado o valor médio referente à zona climática “temperada quente-úmida”.

Para a média da fração de carbono da pastagem foi utilizado o valor padrão do IPCC (0,5 toneladas de carbono por toneladas de matéria seca).

A relação raiz/parte aérea da pastagem foi retirada da tabela 3.4.3. do IPCC (2003), que fornece fatores de expansão (taxas de relação raiz/parte aérea) para pastagens, por tipo de vegetação. Por fim, para definição dessa variável, foi utilizado o valor referente ao tipo de vegetação “pastagem sub-tropical/tropical”.

A parte da tela da planilha *BLS1*, com o preenchimento dos dados citados anteriormente, está ilustrada na FIGURA 14. Esses procedimentos foram realizados igualmente para os dois projetos de MDL criados no presente estudo.

Baseline stratum 1			
ID _{i,b}	A		
Description	Manutenção de pastagem em seu estado atual, sem crescimento de árvores isoladas.		
Land cover	a	a.) no <u>growing</u> trees or woody perennials exist, and b) no trees or other woody perennials will start to grow at any time during the crediting period	
		c.) <u>growing</u> trees or woody perennials exist (but will not reach the thresholds for the national definition of forests)	
Land use	b	a) abandoned	
		b) grazing	
		c) agriculture	
		d) grazing and agriculture	
Pre-existing vegetation			
Non-woody vegetation	<i>Bpre,i</i>	2,700	t d.m. ha-1 Pre-existing average above-ground living non-woody biomass
	<i>CFpre</i>	0,50	t C (t d.m.)-1 Average carbon fraction of dry biomass in pre-existing non-woody vegetation
	<i>Rbpre,i</i>	1,60	dimensionless Root to shoot ratio
Continue to next baseline stratum - no further inputs are required for this stratum			

FIGURA 14 – PARTE DA PLANILHA *BLS1* DA FERRAMENTA TARAM COM DADOS DE PASTAGEM

FONTE: customização da ferramenta TARAM V1.3

4.3.4 Planilha *SM1* da ferramenta TARAM V1.3

A planilha *SM1* foi uma das poucas planilhas preenchidas diferentemente para cada um dos projetos de MDL do estudo, uma vez que ela refere-se ao cenário de reflorestamento (plantios com *Pinus taeda*) que foi diferente para cada projeto de MDL. Inicialmente nessa planilha, foram inseridas informações sobre rotação, densidade inicial do plantio, porcentagem de replantio, bem como foi preenchida a opção de ocorrência de fertilização ou não.

Embora o projeto de MDL (1) referir-se ao plantio de *Pinus taeda* com rotação de 20 anos, o campo destinado a essa informação foi preenchido com 30 anos (FIGURA 15). O preenchimento foi feito dessa forma para atendimento das normas da própria ferramenta TARAM V1.3.

Para preenchimento desse campo, a ferramenta fornece o seguinte aviso: “A ferramenta assume replantio. Se esse não é o caso, escolha rotação de 30 anos e preencha com zero os dados de crescimento depois do ano de plantio”. Como o projeto de MDL (1) refere-se ao reflorestamento com rotação de 20 anos sem replantio, o campo destinado a informação de rotação deve foi preenchido com 30 anos para que não fosse calculado replantio automaticamente.

Na customização da ferramenta para o projeto de MDL (2), o campo destinado a rotação também foi preenchido com 30 anos, porém dessa vez, devido ao período de rotação do projeto que foi de 30 anos.

O campo destinado a informação sobre densidade inicial de plantio foi preenchido com 2.500 indivíduos por hectare. O campo destinado a porcentagem de replantio refere-se à porcentagem de árvores a serem plantadas devido à mortalidade de mudas no primeiro ano de plantio. Para os dois projetos de MDL foi adotada a porcentagem de replantio de 10%.

Por fim, com relação à fertilização, não foi adotada a atividade de fertilização nos dois projetos de MDL.

Stand model 1 (A)	
ID _k	1
Description	Plantio de Pinus taeda com a densidade inicial de 2.500 indivíduos por hectare.
Rotation	30 years (The tool assumes replanting. If this is not the case, choose 30 years rotation an fill with "0" the growth data after the final harvesting year)
Planting density	2500 trees per hectare (if assisted natural regeneration is used, fill with "0")
Replanting expected	10,0% % of planted trees to be replanted due to mortality in the first years
Fertilization	no
Stand model 1 (B)	
ID _k	1
Description	Plantio de Pinus taeda com a densidade inicial de 2.500 indivíduos por hectare.
Rotation	30 years (The tool assumes replanting. If this is not the case, choose 30 years rotation an fill with "0" the growth data after the final harvesting year)
Planting density	2500 trees per hectare (if assisted natural regeneration is used, fill with "0")
Replanting expected	10,0% % of planted trees to be replanted due to mortality in the first years
Fertilization	no

FIGURA 15 - PARTE DA PLANILHA SM1 DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS SOBRE OS PLANTIO DE *Pinus taeda*. A) PROJETO FLORESTAL DE MDL (1); B) PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

FONTE: customização da ferramenta TARAM V1.3

Após o preenchimento desses dados na planilha, foram inseridas informações a respeito do tratamento da vegetação pré-existente para preparo do terreno.

Entretanto, os campos destinados a essas informações são restritos e consideram a vegetação arbórea e não arbórea. Nos campos destinados a vegetação arbórea deve-se informar a porcentagem de pelo menos uma das alternativas: i) % de biomassa deixada em pé e não queimada; ii) % de biomassa colhida e não queimada; iii) % de biomassa queimada. O preenchimento com zero das três alternativas não é permitido. Já para a vegetação não arbórea, há apenas uma alternativa: i) % de biomassa queimada (FIGURA 16).

No presente estudo, a vegetação pré-existente refere-se à pastagem sem presença de árvores isoladas. Considerou-se também a retirada dessa pastagem de toda área, por meio de roçada, para implantação do plantio florestal.

Portanto, optou-se por preencher com 100% o campo da planilha referente à vegetação arbórea “% de biomassa deixada em pé e não queimada”, tornando 0% os outros dois campos (FIGURA 16). Isso não influenciou os resultados, pois a

ferramenta automaticamente considerou a informação fornecida na planilha *BLS1* sobre a vegetação pré-existente de pastagem sem presença de árvores isoladas.

O campo referente à vegetação não arbórea “% de biomassa queimada” foi preenchido com 0%, uma vez que não foi utilizado esse procedimento para retirada da vegetação pré-existente (FIGURA 16).

Essas informações foram iguais para os dois projetos de MDL do presente estudo.

Treatment of pre-existing vegetation for site preparation			
Woody vegetation		100,00%	% biomass left standing and not burned (carbon stock remains)
		0,00%	% biomass harvested and not burned (carbon stock decreases)
	PBB_i	0,00%	% biomass burned (carbon stock decreases and burning produces non-CO ₂ emissions)
Non-woody vegetation	PBB_i	0,00%	% biomass burned (always produces a 100% carbon stock decrease, non-CO ₂ emission are calculated only from the burned fraction)

FIGURA 16 – PARTE DA PLANILHA *SM1* DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS SOBRE TRATAMENTO DA VEGETAÇÃO PRÉ-EXISTENTE PARA PREPARO DO TERRENO
 FONTE: customização da ferramenta TARAM V1.3

Posteriormente, na mesma planilha, o método “*mudança de estoque de carbono*” foi selecionado para o cálculo da estimativa da mudança do estoque de carbono na biomassa viva das árvores. A seleção desse método requer a posterior informação de dados de volume por hectare no final de cada ano do projeto de MDL, já descontando o volume removido nos desbaste e no corte raso.

O preenchimento de campos com dados de volume por hectare removido nos desbastes e no corte raso também é necessário na planilha, para o cálculo da estimativa da mudança do estoque de carbono na biomassa viva das árvores.

Para preenchimento desses campos foram utilizados os resultados de volume por hectare obtidos na simulação realizada por meio do *software* SisPinus, conforme já descrito no item 4.2. A FIGURA 17 apresenta a parte da planilha *SM1* com os dados de volume por hectare no final de cada ano para os dois projetos de MDL. Observa-se que ao final do primeiro ano de projeto, o volume foi de 0,8 m³/ha para os dois projetos de MDL.

A ferramenta TARAM V1.3 exige que a produção de volume por hectare no último ano de rotação seja igual a zero, uma vez que considera-se a realização do corte raso das árvores (FIGURA 17).

Stand model 1 (A)		Stand model 1 (B)	
Stand age	001	Stand age	001
	<i>Pinus taeda</i>		<i>Pinus taeda</i>
	Stand volume		Stand volume
<i>t</i>	<i>Vijt</i>	<i>t</i>	<i>Vijt</i>
age	m ³ ha ⁻¹	age	m ³ ha ⁻¹
1	0,8	1	0,8
2	9,1	2	9,1
3	31,8	3	31,8
4	68,4	4	68,4
5	115,1	5	115,1
6	168,1	6	168,1
7	224,4	7	224,4
8	190,6	8	190,6
9	234,3	9	234,3
10	277,8	10	277,8
11	191,6	11	191,6
12	226,7	12	226,7
13	260,2	13	260,2
14	292,7	14	292,7
15	261,9	15	261,9
16	291,2	16	291,2
17	319,6	17	319,6
18	347,4	18	347,4
19	374,7	19	374,7
20	0,0	20	315,9
21	0	21	341
22	0	22	365,5
23	0	23	389,5
24	0	24	413,1
25	0	25	436,3
26	0	26	459,2
27	0	27	481,7
28	0	28	503,7
29	0	29	525,1
30	0,0	30	0

FIGURA 17 – PARTE DA PLANILHA SM1 DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS DE VOLUME POR HECTARE DE *Pinus taeda*. A) PROJETO FLORESTAL DE MDL (1); B) PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

FONTE: customização da ferramenta TARAM V1.3

A FIGURA 18 apresenta a parte da planilha SM1 com os dados de volume por hectare removido nos desbastes e no corte raso, para os dois projetos de MDL. No projeto de MDL (1) foi considerada a remoção de volume por hectare nos 3 desbastes ocorridos no 8^o, 11^o e 15^o ano de projeto, bem como foi considerada a remoção de 374,7 m³.ha⁻¹ no corte raso (20^o ano). No projeto de MDL (2) foi considerada a remoção de volume por hectare nos 4 desbastes ocorridos no 8^o, 11^o, 15^o e 20^o ano de projeto, bem como foi considerada a remoção de 525,1 m³.ha⁻¹ no corte raso (30^o ano).

Stand model 1 (A)				Stand model 1 (B)			
Cubic meters				Cubic meters			
Stand age	Species (Name - ID):		<i>Pinus taeda</i>	Stand age	Species (Name - ID):		<i>Pinus taeda</i>
	Stand volume	Current annual increment	Thinning or harvesting		Stand volume	Current annual increment	Thinning or harvesting
<i>t</i>	V_{yr}	I_{yr}	H_{yr}	<i>t</i>	V_{yr}	I_{yr}	H_{yr}
age	$m^3 ha^{-1}$	$m^3 ha^{-1}$	$m^3 ha^{-1}$	age	$m^3 ha^{-1}$	$m^3 ha^{-1}$	$m^3 ha^{-1}$
1	0,8	0,8		1	0,8	0,8	
2	9,1	8,3		2	9,1	8,3	
3	31,8	22,7		3	31,8	22,7	
4	68,4	36,6		4	68,4	36,6	
5	115,1	46,7		5	115,1	46,7	
6	168,1	53,0		6	168,1	53,0	
7	224,4	56,3		7	224,4	56,3	
8	190,6	48,6	82,4	8	190,6	48,6	82,4
9	234,3	43,7		9	234,3	43,7	
10	277,8	43,5		10	277,8	43,5	
11	191,6	22,4	108,6	11	191,6	22,4	108,6
12	226,7	35,1		12	226,7	35,1	
13	260,2	33,5		13	260,2	33,5	
14	292,7	32,5		14	292,7	32,5	
15	261,9	38,9	69,7	15	261,9	38,9	69,7
16	291,2	29,3		16	291,2	29,3	
17	319,6	28,4		17	319,6	28,4	
18	347,4	27,8		18	347,4	27,8	
19	374,7	27,3		19	374,7	27,3	
20	-	-	374,7	20	315,9	32,8	91,6
21	-	-		21	341,0	25,1	
22	-	-		22	365,5	24,5	
23	-	-		23	389,5	24,0	
24	-	-		24	413,1	23,6	
25	-	-		25	436,3	23,2	
26	-	-		26	459,2	22,9	
27	-	-		27	481,7	22,5	
28	-	-		28	503,7	22,0	
29	-	-		29	525,1	21,4	
30	-	-		30	-	-	525,1

FIGURA 18 – PARTE DA PLANILHA SM1 DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS DE VOLUME POR HECTARE DE *Pinus taeda* REMOVIDO NOS DESBASTES E CORTE RASO. A) PROJETO FLORESTAL DE MDL (1); B) PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)
 FONTE: customização da ferramenta TARAM V1.3

4.3.5 Planilha *Strata* da ferramenta TARAM V1.3

Nessa planilha foi selecionada a combinação entre o estrato do cenário de linha de base e o estrato do cenário de reflorestamento, para definição do estrato final dos projetos de MDL. Como nos dois projetos do presente estudo havia apenas 1 estrato de linha de base e apenas 1 estrato de reflorestamento, foi definido apenas 1 estrato final, tanto para o projeto de MDL (1) como para o (2), conforme ilustra a FIGURA 19.

Strata							
Select the existing combinations of baseline strata and stand models to define the final ex ante project strata							
Baseline strata		Stand models (project scenario strata)					
		Description - IDk					
ID _{i,b}	Description	1	2	3	4	5	6
A	Manutenção de pastagem em seu estado atual, sem c	A1					
B							
C							
D							
E							
F							

No further inputs are required below this line - go to ARPlan

FIGURA 19 – PARTE DA PLANILHA *Strata* DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM O ESTRATO DEFINIDO NOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL (1) E (2)
 FONTE: customização da ferramenta TARAM V1.3

4.3.6 Planilha *AR-Plan* da ferramenta TARAM V1.3

Na planilha *AR-Plan*, igualmente para os dois projetos de MDL, os 4 primeiros anos do projeto foram preenchidos com informação de plantio de 1.500 ha por ano, e o 5º ano foi preenchido com informação de plantio de 1.000 ha (FIGURA 20), totalizando os 7.000 ha de área hipotética dos dois projetos de MDL.

Afforestation / Reforestation plan								
Specify the number of hectares afforested or reforested for the first time at each project year. Do not specify re-planting areas, re-planting is taken into account automatically.								
Stand Model / Baseline Strata	Plantio de Pinus taeda com a densidade inicial de 1.111 indivíduos/ha/par							
Project year	Area planted	Area planted	Area planted	Area planted	Area planted	Area planted	Area planted	Area planted
Year	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
1	1500							
2	1500							
3	1500							
4	1500							
5	1000							
6								
29								
30								
Total	7000	0	0	0	0	0	0	0

FIGURA 20 – PARTE DA PLANILHA *AR-PLAN* DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM AS INFORMAÇÕES DE ÁREA PLANTADA (HECTARE) POR ANO DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL (1) E (2)
 FONTE: customização da ferramenta TARAM V1.3

4.3.7 Planilha *Pre-AR* da ferramenta TARAM V1.3

Nessa planilha foram inseridos os dados necessários para cálculo da estimativa de remoção líquida de GEE da linha de base sob o cenário “*florestamento/reflorestamento executado a uma taxa de pré-projeto determinada*”. Os dados inseridos foram:

- a) *Área territorial do estado do Paraná*, ou seja, 19.931.490 ha; e
- b) *Área média anual com reflorestamento de Pinus spp. no Paraná*, ou seja, 688.649,6 ha, considerando os anos de 2004 a 2008.

Com a introdução desses dados (FIGURA 21), a ferramenta gerou a taxa de atividades de florestamento/reflorestamento de pré-projeto (241,86 ha.ano⁻¹). Esse procedimento foi o mesmo para os dois projetos de MDL deste estudo.

Pre-project AR activities			
Pre-existing AR activities			
19.931.490	ha	Area of the region encompassing the project area in which baseline AR activities occur.	
688649.6	ha year-1	Average annual pre-project AR area in the region encompassing the project a	
Strata			
Baseline strata in which pre-project AR activities occur			Pre-project AR rate
ID _{i,b}	Description	Occurrence	ha year ⁻¹
A	Manutenção de pastagem	yes	241,86
B			
C			
D			
E			
F			
Total			241,86

FIGURA 21 – PARTE DA PLANILHA *PRE-AR* DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM AS INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA O CÁLCULO DA TAXA DE REFLORESTAMENTO DE PRÉ-PROJETO

FONTE: customização da ferramenta TARAM V1.3

Para o cálculo da estimativa de remoção líquida de GEE da linha de base sob o cenário “*florestamento/reflorestamento executado a uma taxa de pré-projeto determinada*” foi necessária também a seleção do método “*mudança de estoque de carbono*”, bem como a introdução dos dados de volume por hectare para cada ano de projeto. Para isso, foram utilizados os valores de volume obtidos na simulação realizada com o *software* SisPinus, conforme descrito no item 4.2., diferenciadamente para cada projeto de MDL (FIGURA 22).

Pre-project AR activities			Pre-project AR activities		
Stand age	002	(A)	Stand age	002	(B)
	Pinus taeda 2	Stand volume		Pinus taeda 2	Stand volume
<i>t</i>	<i>Vijt</i>	<i>Vijt</i>	<i>t</i>	<i>Vijt</i>	<i>Vijt</i>
age	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	age	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹
1	0,8		1	0,8	
2	9,1		2	9,1	
3	31,8		3	31,8	
4	68,4		4	68,4	
5	115,1		5	115,1	
6	168,1		6	168,1	
7	224,4		7	224,4	
8	190,6		8	190,6	
9	234,3		9	234,3	
10	277,8		10	277,8	
11	191,6		11	191,6	
12	226,7		12	226,7	
13	260,2		13	260,2	
14	292,7		14	292,7	
15	261,9		15	261,9	
16	291,2		16	291,2	
17	319,6		17	319,6	
18	347,4		18	347,4	
19	374,7		19	374,7	
20	0,0		20	315,9	
21		0	21	341	
22		0	22	365,5	
23		0	23	389,5	
24		0	24	413,1	
25		0	25	436,3	
26		0	26	459,2	
27		0	27	481,7	
28		0	28	503,7	
29		0	29	525,1	
30	0,0		30	0	

FIGURA 22 – PARTE DA PLANILHA *PRE-AR* DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS DE VOLUME POR HECTARE DE *Pinus taeda*. A) PROJETO FLORESTAL DE MDL (1); B) PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

FONTE: customização da ferramenta TARAM V1.3

4.3.8 Planilha *Blexa* da ferramenta TARAM V1.3

A planilha *Blexa* não requer o preenchimento de campos com dados ou informações. Nessa planilha são fornecidos os resultados da estimativa *ex ante* da remoção líquida de GEE por sumidouros da linha de base. Esses resultados estão apresentados adiante no item 4.4.1, para os projetos de MDL (1) e (2).

4.3.9 Planilha *Aexa* da ferramenta TARAM V1.3

Nessa planilha são fornecidos os resultados da estimativa *ex ante* da remoção real líquida de GEE por sumidouros. Esses resultados estão apresentados adiante no item 4.4.2, para os projetos de MDL (1) e (2).

4.3.10 Planilha *Distance* da ferramenta TARAM V1.3

A planilha *Distance* foi preenchida, igualmente para os dois projetos de MDL, com dados de distâncias de transporte conforme apresentado no QUADRO 19.

Nº	Distância	Distância
1	Distância dos plantios até o estacionamento das máquinas usadas no preparo do terreno	50 km
2	Distância dos plantios até o viveiro	30 km*
3	Distância dos plantios até o ponto de venda ou processamento da madeira removida por desbaste ou corte raso	65 km*
4	Distância dos plantios até o ponto de recolhimento dos trabalhadores (mão-de-obra)	10 km*

QUADRO 19 – DISTÂNCIAS MÉDIAS DE TRANSPORTE PARA A ÁREA COM OS PLANTIOS DE *Pinus taeda*

NOTA: *distâncias referentes a dados médios de duas fazendas da empresa Remasa Reflorestadora Ltda

4.3.11 Planilha *LK* da ferramenta TARAM V1.3

Essa planilha foi preenchida com dados de: a) eficiência do combustível (km.l^{-1}) dos veículos utilizados nas atividades dos projetos de MDL; b) fator de emissão desses combustíveis; e c) capacidade desses veículos. As atividades dos projetos de MDL foram:

- a) *Transporte de máquinas do estacionamento para a área dos plantios para preparo do terreno*, onde foi definida a eficiência de combustível de 5 km/l , o fator de emissão do diesel de 2,83 e 9 máquinas para preparo do terreno;

- b) *Transporte de mudas do viveiro para a área dos plantios*, onde foi definida a eficiência de combustível de 5 km.l⁻¹, o fator de emissão do diesel de 2,83 e a capacidade do veículo de 4.600 mudas por veículo (essa última informação fornecida pela empresa Remasa Reflorestadora Ltda);
- c) *Transporte de madeira removida por desbaste ou colheita da área do plantio para o ponto de venda ou processamento*, onde foi definida a eficiência de combustível de 5 km.l⁻¹, o fator de emissão do diesel de 2,83 e a capacidade do veículo de 40 m³ por veículo (essa última informação fornecida pela empresa Remasa Reflorestadora Ltda);
- d) *Transporte de trabalhadores do ponto de recolhimento para a área dos plantios*, onde foi definida a eficiência de combustível de 5 km.l⁻¹, o fator de emissão do diesel de 2,83 e a capacidade do veículo de 25 trabalhadores/veículo (esta última informação fornecida pela empresa Remasa Reflorestadora Ltda);
- e) *Inspeção de campo anual*, onde foi definida a eficiência de combustível de 10 km.l⁻¹, o fator de emissão da gasolina de 2,33 e a distância percorrida de 30 km (essa última informação fornecida pela empresa Remasa Reflorestadora Ltda);
- f) *Monitoramento periódico*, onde foi definida a eficiência de combustível de 10 km.l⁻¹, o fator de emissão da gasolina de 2,33 e a distância percorrida de 30 km (essa última informação fornecida pela empresa Remasa Reflorestadora Ltda);

Esses dados foram preenchidos igualmente para os dois projetos de MDL e estão ilustrados na FIGURA 23.

Ex ante estimation of leakage						
0%		Percentage of total decreases in carbon stocks and increases in GHG emissions (project emissions and leakages) that is considered insignificant (EB 31-A16 default = 5%)				
Increased fossil fuel consumption outside the project boundary						
Transport activity	Vehicle type	Percent vehicle type use	Fuel type	Fuel efficiency	emission factor	Capacity of the vehicle performing the transport task
	x description	%	y	e_{xy} l km ⁻¹	EF_{xy} dimensionless	
Transport of machines from the parking lot to the project site for site preparation	Trator agrícola	100,00%	Diesel	0,200	2,8300	9 Number of machines per site preparation
Transport of seedlings from the nursery to the project sites	Trilux, 102 cv, carga 1000 kg	100,00%	Gasoline	0,200	2,8300	4,600 Number of seedlings per transporting vehicle
Transport of fertilizers from the sale point to the project sites	Não é usada fertilização	100,00%	Diesel			t Fertilizer per transporting vehicle
Transport of harvested wood products to sale point or wood processing facility:	1 Romeu e Julieta PBT 50 ton.	100,00%	Diesel	0,200	2,8300	40,0 m ³ per transporting vehicle
	2 Apenas Facility 1	100,00%	Gasoline			m ³ per transporting vehicle
	3 Apenas Facility 1	100,00%	Gasoline			m ³ per transporting vehicle
Transport of fuel-wood to the sale or consumption point	Não é feita coleta de lenha	100,00%	Diesel			m ³ per transporting vehicle
Transport of labour force to the AR site	Ônibus	100,00%	Diesel	0,200	2,8300	25 Number of persons in one vehicle
	100,0% Average percentage of labour force that needs to be transported to the AR site using a vehicle					
Increased fossil fuel consumption outside the project boundary due to field inspections and monitoring						
Transport activity	Vehicle type	Distance traveled	Fuel type	Fuel efficiency	emission factor	
	x description	km	y	e_{xy} l km ⁻¹	EF_{xy} dimensionless	
Annual field inspections	Moto 150 cilindradas	30,00	Diesel Gasoline	0,100	2,3300	
Periodical monitoring	Automóvel comum	30,00	Diesel	0,100	2,3300	
			Gasoline			

FIGURA 23 – PARTE DA PLANILHA LK DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS NECESSÁRIOS PARA CÁLCULO DAS FUGAS DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL
 FONTE: customização da ferramenta TARAM V1.3

4.3.12 Planilha CERs da ferramenta TARAM V1.3

Essa planilha foi preenchida com dados necessários para o cálculo das Reduções Certificadas de Emissões - RCEs (FIGURA 24):

- Ano de início da atividade do projeto florestal de MDL*, onde foi definido o ano do calendário de 2010 igualmente para os dois projetos de MDL estudados;
- Ano do projeto em que ocorre a primeira verificação*, onde foi definido o 5º ano igualmente para os dois projetos de MDL estudados. O primeiro ano de verificação pode ser definido pelo elaborador do projeto, conforme especificado na própria ferramenta TARAM V1.3. Assim, considerando que as demais verificações devem obrigatoriamente ocorrer de 5 em 5 anos, definiu-se como o primeiro ano de verificação o 5º ano do projeto;

- c) *Período de obtenção de créditos do MDL*, onde foi definido 20 anos para o projeto de MDL (1) e 30 anos para o projeto de MDL (2), conforme exposto no item 4.2 anteriormente.

Ex ante estimation of net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks (A)			
Starting year of the AR-CDM project activity	2010	Calendar year	
Project year of the first verification	5		
CDM crediting period	20		
Ex ante estimation of net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks (B)			
Starting year of the AR-CDM project activity	2010	Calendar year	
Project year of the first verification	5		
CDM crediting period	30		

FIGURA 24 – PARTE DA PLANILHA CERs DA FERRAMENTA TARAM V1.3 COM DADOS PARA CÁLCULO DAS RCEs. A) PROJETO FLORESTAL DE MDL (1); B) PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

FONTE: customização da ferramenta TARAM V1.3

Essa planilha apresenta também os resultados da estimativa *ex ante* da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros e das RCEs, apresentados respectivamente nos itens 4.4.4 e 4.4.5 para os dois projetos de MDL estudados.

4.3.13 Considerações sobre a ferramenta TARAM V1.3 e a metodologia AR-AM0005

O cálculo das principais estimativas dos projetos florestais de MDL (remoção líquida de GEE e quantidade de “créditos de carbono”) é um procedimento complicado quando se utiliza como ferramenta apenas a metodologia de MDL aprovada pelo Conselho Executivo do MDL.

A metodologia AR-AM0005 é uma metodologia aprovada específica para projetos florestais de MDL que visam o suprimento de madeira para uso industrial e/ou comercial. Essa metodologia contempla uma série de cálculos e procedimentos para obtenção de estimativas e resultados conservadores.

Os cálculos e procedimentos de um projeto florestal de MDL tornam-se mais simples quando é utilizada a ferramenta TARAM, por ser um meio automatizado e por sua aplicação ser mais fácil e clara quando comparada com a aplicação direta da metodologia de MDL aprovada.

Dessa forma, verifica-se que a ferramenta TARAM é um instrumento de grande apoio na elaboração de projetos florestais de MDL. De qualquer forma, mesmo utilizando a ferramenta, a escolha da metodologia de MDL aprovada e o estudo da mesma é de fundamental importância.

Vale ressaltar que na elaboração de um projeto florestal de MDL é necessário levantar uma série de dados, para embasamento dos cálculos das estimativas, conforme exposto previamente ao longo do item 4.3. A metodologia AR-AM0005 prevê que os dados coletados podem ser mais precisos (dados locais) ou mais abrangentes (dados do IPCC). Entretanto, a metodologia recomenda sempre que possível, a utilização de dados mais precisos e conservadores, uma vez que permitem a obtenção de resultados mais próximos da realidade e reduz o risco de ocorrer super-estimativas.

Além disso, para a elaboração de um projeto florestal de MDL é necessário reunir demais informações, como por exemplo, características sobre limite e geografia da área do projeto, aspectos ambientais da área (clima, hidrologia, solos, relevo, ecossistemas), flora e fauna da área, tecnologia empregada no projeto, entre outros aspectos requeridos na metodologia aprovada de MDL e que podem ser observados no DCP-PLANTAR (2009).

Por fim, pode-se afirmar que a elaboração de um Documento de Concepção do Projeto Florestal de MDL de larga escala, requer o trabalho de uma equipe multidisciplinar e deve-se atentar para realização dos procedimentos mais precisos e conservadores, bem como se deve cuidar para levantar os dados e as informações mais fiéis a realidade do projeto.

4.4 SIMULAÇÃO DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL

A seguir estão apresentados os resultados da simulação dos projetos de MDL (1) e (2) criados no presente estudo. Conforme já mencionado, esses resultados foram gerados por meio da ferramenta TARAM V1.3.

Para fins de discussão dos resultados, o projeto florestal de MDL elaborado pela empresa Plantar S/A (DCP-PLANTAR, 2009) foi utilizado como referência, apesar de tratar de uma espécie florestal (eucaliptos) diferente da espécie avaliada no presente estudo (*Pinus taeda*). Isso se deve ao fato de que as referências sobre o assunto são bastante escassas, sendo o projeto da Plantar o único projeto florestal de MDL para suprimento de madeira de uso industrial e/ou comercial submetido a *Comissão Interministerial no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo* no Brasil até o momento.

4.4.1 Remoção líquida de GEE por sumidouros da linha de base

4.4.1.1 Manutenção da pastagem em seu estado atual

A soma das mudanças do estoque de carbono na biomassa viva das pastagens, sob o cenário de linha de base “*manutenção da pastagem no seu estado atual*” ($\Delta C_{GLB,t}$) resultou em zero, tanto para o projeto de MDL (1), quanto para o projeto de MDL (2), uma vez que as pastagens são consideradas em estado constante.

Da mesma forma, a soma das mudanças anuais no estoque de carbono da biomassa viva de árvores pré-existentes ($\Delta C_{ijk,t,ETB}$) também resultou em zero, pois não foi considerada a existência de árvores isoladas na linha de base, nos dois projetos de MDL do estudo. Assim, considerando que: $\Delta C_{GLB,t} = \Delta C_{ijk,t,ETB}$, logo $\Delta C_{GLB,t} = 0$.

Diante dos resultados expostos, verificou-se que para o cenário de linha de base “*manutenção da pastagem em seu estado atual*”, a estimativa da remoção líquida de GEE da linha de base resultou em zero e essa foi mantida e adotada ao longo de todo período de obtenção de créditos dos projetos de MDL (1) e (2).

Esses resultados estão em concordância com a Metodologia Aprovada de Florestamento/Reflorestamento AR-AM0005, que prevê que as estimativas da remoção líquida de GEE da linha de base sob o cenário “*manutenção de pastagem em seu estado atual*”, resultem em zero.

A empresa Plantar também obteve o mesmo resultado para essa estimativa no seu projeto de MDL com eucaliptos, como pode ser observado no DCP-PLANTAR (2009). Igualmente ao presente estudo, a empresa também considerou o cenário de linha de base “*manutenção da pastagem no seu estado atual*” como sendo pastagens em estado constante e sem a presença de árvores isoladas na linha de base.

4.4.1.2 Reflorestamento executado a uma taxa de pré-projeto

A estimativa da remoção líquida de GEE da linha de base sob o cenário “*florestamento/reflorestamento executado a uma taxa de pré-projeto determinada*”, para os projetos de MDL (1) e (2), foi obtida por meio da multiplicação da taxa de reflorestamento de pré-projeto (241,86 ha/ano, explicada no item 4.3.7) pelos valores de volume por hectare simulados para cada ano dos projetos de MDL.

A partir dos resultados gerados pela ferramenta TARAM V1.3, observou-se que a soma dos volumes do povoamento a uma taxa de reflorestamento de pré-projeto foi de 939.948,53 m³, para 20 anos do projeto de MDL (1). Já para o projeto de MDL (2), a soma dos volumes do povoamento a uma taxa de reflorestamento de pré-projeto foi de 1.963.240,57 m³, para todo o período do projeto (30 anos).

A estimativa da mudança do estoque de carbono do povoamento a uma taxa de reflorestamento de pré-projeto, para o projeto de MDL (1) foi de 866.682,74 toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e). Com relação ao projeto de MDL (2), essa estimativa foi de 1.810.212,66 tCO₂e.

Nas TABELAS 3 e 4 estão apresentados os resultados gerados pela ferramenta TARAM V1.3, respectivamente para 20 anos do projeto de MDL (1) e para 30 anos do projeto de MDL (2), contemplando: i) volume do povoamento a uma taxa de reflorestamento de pré-projeto; e ii) mudança do estoque de carbono do povoamento a uma taxa de reflorestamento de pré-projeto.

TABELA 3 – RESULTADOS CONSIDERANDO A TAXA DE REFLORESTAMENTO DE PRÉ-PROJETO PARA TODOS OS ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1)

Anos do projeto	Volume do povoamento a uma taxa de reflorestamento de pré-projeto	Mudança do estoque de carbono do povoamento a uma taxa de reflorestamento de pré-projeto
Ano	m³ / 7.000 ha	t CO₂e / 7.000 ha
1	193,48	178,40
2	2.200,89	2.029,34
3	7.691,02	7.091,53
4	16.542,94	15.253,47
5	27.837,61	25.667,76
6	40.655,97	37.486,97
7	54.272,45	50.042,10
8	46.097,72	42.504,56
9	56.666,82	52.249,84
10	67.187,55	61.950,51
11	46.339,58	42.727,57
12	54.828,72	50.555,01
13	62.930,89	58.025,64
14	70.791,20	65.273,27
15	63.342,04	58.404,75
16	70.428,42	64.938,76
17	77.297,13	71.272,08
18	84.020,72	77.471,59
19	90.623,38	83.559,60
20	0,00	0,00
Total	939.948,53	866.682,74

FONTE: resultados da customização da ferramenta TARAM V1.3

TABELA 4 – RESULTADOS CONSIDERANDO A TAXA DE REFLORESTAMENTO DE PRÉ-PROJETO, PARA TODOS OS ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

Anos do projeto	Volume do povoamento a uma taxa de reflorestamento de pré-projeto	Mudança do estoque de carbono do povoamento a uma taxa de reflorestamento de pré-projeto
Ano	m ³ / 7.000 ha	t CO ₂ e / 7.000 ha
1	193,48	178,40
2	2.200,89	2.029,34
3	7.691,02	7.091,53
4	16.542,94	15.253,47
5	27.837,61	25.667,76
6	40.655,97	37.486,97
7	54.272,45	50.042,10
8	46.097,72	42.504,56
9	56.666,82	52.249,84
10	67.187,55	61.950,51
11	46.339,58	42.727,57
12	54.828,72	50.555,01
13	62.930,89	58.025,64
14	70.791,20	65.273,27
15	63.342,04	58.404,75
16	70.428,42	64.938,76
17	77.297,13	71.272,08
18	84.020,72	77.471,59
19	90.623,38	83.559,60
20	76.402,26	70.446,96
21	82.472,84	76.044,36
22	88.398,31	81.507,96
23	94.202,85	86.860,06
24	99.910,65	92.122,95
25	105.521,70	97.296,64
26	111.060,20	102.403,44
27	116.501,96	107.421,03
28	121.822,79	112.327,11
29	126.998,50	117.099,40
30	0,00	0,00
Total	1.963.240,57	1.810.212,66

FONTE: resultados da customização da ferramenta TARAM V1.3

4.4.1.3 Estimativa *ex ante* da remoção líquida de GEE da linha de base

A estimativa *ex ante* da remoção líquida de GEE da linha de base, dos projetos de MDL (1) e (2), é resultado da soma dos valores da linha de base sob o

cenário “*manutenção das pastagens em seu estado atual*” ($\Delta C_{GLB,t}$) com os valores da linha de base sob o cenário “*florestamento/reflorestamento executado a uma taxa de pré-projeto determinada*” ($\Delta C_{ARB,t}$), conforme a fórmula (20):

$$\Delta C_{BSL,t} = \Delta C_{GLB,t} + \Delta C_{ARB,t} \quad (20)$$

Considerando que $\Delta C_{GLB,t}$ foi igual a zero nos dois projetos de MDL, o resultado da estimativa *ex ante* da remoção líquida de GEE da linha de base foi de 866.682,74 tCO₂e para o projeto de MDL (1). Quanto ao projeto de MDL (2), o resultado dessa estimativa foi de 1.810.212,66 tCO₂e.

Segundo o DCP-PLANTAR (2009), a estimativa em questão foi de 751.894 tCO₂e no projeto florestal de MDL com eucaliptos da Plantar. A diferença encontrada entre esse valor e os resultados do presente estudo pode ser explicada, dentre vários fatores, pela diferença de abrangência da taxa de reflorestamento de pré-projeto utilizada.

No DCP-PLANTAR (2009), esse resultado foi obtido utilizando uma taxa histórica anual nacional de florestamento/reflorestamento do setor siderúrgico, enquanto que no presente estudo foi utilizada uma taxa histórica anual regional de reflorestamento de *Pinus taeda*.

Considerando o exposto, pode-se observar que os resultados da estimativa *ex ante* da remoção líquida de GEE da linha de base obtidos no presente estudo contribuem para obtenção de estimativas conservadoras da remoção antrópica líquida de GEE. Porém, estimativas ainda mais conservadoras podem ser obtidas se for considerada uma taxa de reflorestamento para o local (municípios) em que se pretende implantar o projeto florestal de MDL. De qualquer forma, de acordo com a metodologia AR-AM0005 aplicada no presente estudo, pode-se utilizar desde uma taxa local até uma taxa nacional.

O projeto de MDL (2) apresentou maior estimativa de remoção líquida de GEE da linha de base do que o projeto de MDL (1). Essa diferença é atribuída aos valores de volume por hectare dos projetos, ou seja, os valores utilizados no projeto de MDL (1) são inferiores aos utilizados no projeto de MDL (2), devido ao menor tempo de rotação do plantio.

Os GRÁFICOS 3 e 4 apresentam a tendência dos resultados anuais das estimativas da remoção líquida de GEE da linha de base, ao longo de 20 anos do projeto de MDL (1) e ao longo de 30 anos do projeto de MDL (2), respectivamente.

Pode-se observar que do 1º ao penúltimo ano dos projetos de MDL (1) e (2) houve um aumento na remoção líquida de GEE da linha de base, devido ao crescimento da biomassa viva das árvores a uma taxa de reflorestamento de pré-projeto, com exceção dos anos em que ocorreram os desbastes, devido à remoção de biomassa viva. No último ano, a remoção líquida de GEE torna-se zero em decorrência do corte raso das árvores. A tendência mostrada nos GRÁFICOS 3 e 4 são bem semelhantes, pois os atividades silviculturais dos dois projetos de MDL ocorreram em períodos semelhantes. A diferença entre os valores de remoção líquida de GEE da linha de base entre os dois projetos atribui-se aos diferentes valores de produção de volume ($m^3 \cdot ha^{-1}$).

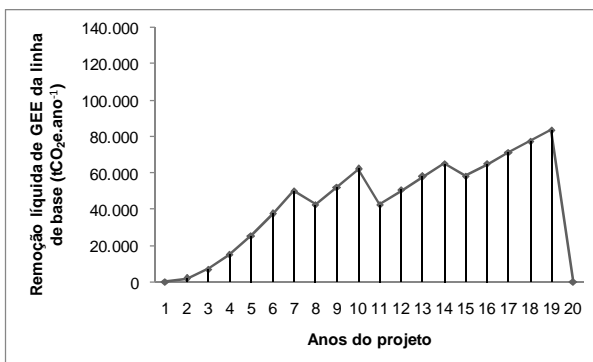


GRÁFICO 3 – TENDÊNCIA ANUAL DA REMOÇÃO LÍQUIDA DE GEE DA LINHA DE BASE, AO LONGO DE 20 ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1)

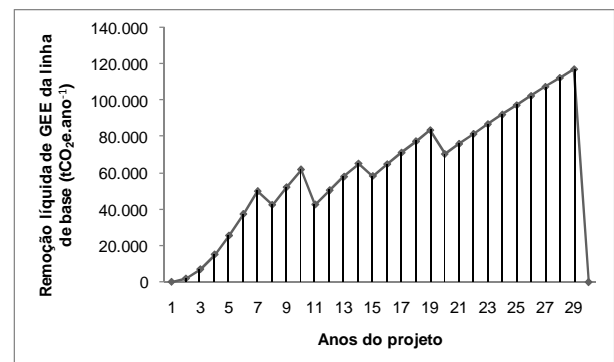


GRÁFICO 4 – TENDÊNCIA ANUAL DA REMOÇÃO LÍQUIDA DE GEE DA LINHA DE BASE, AO LONGO DOS 30 ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

4.4.2 Remoção real líquida de GEE por sumidouros

4.4.2.1 Mudanças no estoque de carbono da biomassa viva das árvores

Nos dois projetos de MDL estudados, a mudança do estoque de carbono na biomassa viva do reflorestamento de *Pinus taeda* está relacionada com: i) o ganho

em biomassa viva referente ao crescimento das árvores do reflorestamento; e ii) a perda em biomassa viva referente aos desbastes e corte raso.

A soma das mudanças do estoque de carbono na biomassa viva do projeto de MDL (1) foi de 1.709.256,50 tCO₂e e do projeto de MDL (2) foi de 2.512.549,43 tCO₂e. As TABELAS 5 e 6 apresentam os resultados da mudança do estoque de carbono na biomassa viva dos projetos de MDL (1) e (2), respectivamente, contemplando: biomassa acima do solo; biomassa abaixo; e biomassa total.

O projeto de MDL (2) obteve maior valor dessa estimativa quando comparado com o projeto de MDL (1), devido aos valores superiores de volume por hectare. Elucidando melhor, o cálculo das mudanças do estoque de biomassa viva foi realizado a partir dos valores de volume dos projetos. Dessa forma, como o projeto de MDL (2) apresenta maior período de rotação do que o projeto de MDL (1), consequentemente obteve maiores valores de produção volume por hectare.

TABELA 5 – MUDANÇA DO ESTOQUE DE CARBONO NA BIOMASSA VIVA DO REFLORESTAMENTO DE *Pinus taeda* DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1)

Anos do projeto	Reservatório de carbono - Biomassa acima do solo	Reservatório de carbono - Biomassa abaixo do solo	Reservatório de carbono - Biomassa total
Ano	t CO ₂ e.ano ⁻¹	t CO ₂ e.ano ⁻¹	t CO ₂ e.ano ⁻¹
1	937,68	168,78	1.106,46
2	10.666,13	1.919,90	12.586,03
3	37.272,84	6.709,11	43.981,95
4	80.171,76	14.430,92	94.602,68
5	134.596,36	24.227,34	158.823,70
6	192.849,81	34.712,97	227.562,78
7	243.484,61	43.827,23	287.311,84
8	171.830,12	30.929,42	202.759,54
9	176.205,97	31.717,07	207.923,04
10	169.993,83	30.598,89	200.592,72
11	5.547,95	998,63	6.546,58
12	15.901,51	2.862,27	18.763,79
13	64.504,67	11.610,84	76.115,51
14	51.455,27	9.261,95	60.717,22
15	15.041,97	2.707,56	17.749,53
16	103.027,75	18.544,99	121.572,74
17	95.799,79	17.243,96	113.043,75
18	89.509,51	16.111,71	105.621,22
19	108.145,92	19.466,27	127.612,19
20	-318.420,99	-57.315,78	-375.736,76
Total	1.448.522,46	260.734,04	1.709.256,50

FONTE: resultados da customização da ferramenta TARAM V1.3

TABELA 6 – MUDANÇA DO ESTOQUE DE CARBONO NA BIOMASSA VIVA DO REFLORESTAMENTO DE *Pinus taeda* DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

Anos do projeto	Reservatório de carbono - Biomassa acima do solo	Reservatório de carbono - Biomassa abaixo do solo	Reservatório de carbono - Biomassa total
Ano	t CO ₂ e.ano ⁻¹	t CO ₂ e.ano ⁻¹	t CO ₂ e.ano ⁻¹
1	937,68	168,78	1.106,46
2	10.666,13	1.919,90	12.586,03
3	37.272,84	6.709,11	43.981,95
4	80.171,76	14.430,92	94.602,68
5	134.596,36	24.227,34	158.823,70
6	192.849,81	34.712,97	227.562,78
7	243.484,61	43.827,23	287.311,84
8	171.830,12	30.929,42	202.759,54
9	176.205,97	31.717,07	207.923,04
10	169.993,83	30.598,89	200.592,72
11	5.547,95	998,63	6.546,58
12	15.901,51	2.862,27	18.763,79
13	64.504,67	11.610,84	76.115,51
14	51.455,27	9.261,95	60.717,22
15	15.041,97	2.707,56	17.749,53
16	103.027,75	18.544,99	121.572,74
17	95.799,79	17.243,96	113.043,75
18	89.509,51	16.111,71	105.621,22
19	108.145,92	19.466,27	127.612,19
20	51.845,97	9.332,27	61.178,24
21	47.274,77	8.509,46	55.784,23
22	42.938,00	7.728,84	50.666,83
23	38.679,36	6.962,28	45.641,64
24	67.981,90	12.236,74	80.218,65
25	131.314,47	23.636,60	154.951,07
26	128.970,27	23.214,65	152.184,91
27	126.821,41	22.827,85	149.649,27
28	124.633,49	22.434,03	147.067,52
29	122.211,15	21.998,01	144.209,15
30	-520.335,05	-93.660,31	-613.995,36
Total	2.129.279,18	383.270,25	2.512.549,43

FONTE: resultados da customização da ferramenta TARAM V1.3

No DCP-PLANTAR (2009) pode-se observar que o resultado da mudança do estoque de carbono na biomassa viva do reflorestamento foi de 3.227.648 tCO₂e. Esse valor foi superior aos valores encontrados no presente estudo e isso pode ser atribuído ao uso de uma espécie florestal comercial diferente e também ao tamanho da área utilizada, uma vez que a área destinada ao projeto da Plantar (11.711,37 ha) é superior à área utilizada no presente estudo.

4.4.2.2 Aumento na emissão de GEE

Nas TABELAS 7 e 8 estão apresentados os valores das emissões de GEE por fontes, decorrentes da implantação dos projetos de MDL (1) e (2) respectivamente. As emissões de GEE por fontes são resultantes da soma dos: 1) resultados das emissões de GEE devido à perda de biomassa na implantação do plantio de *Pinus taeda*; com 2) resultados da emissão de GEE devido à queima de combustíveis fósseis pelo uso de veículos dentro da área do projeto.

As emissões de GEE pela perda de biomassa na implantação do plantio de *Pinus taeda* foram iguais para os dois projetos de MDL do estudo, uma vez que foi considerada a mesma linha de base para os dois projetos (pastagem sem presença de árvores isoladas).

Pode-se observar que essas emissões ocorrem nos 5 primeiros anos, que é quando acontece a retirada da pastagem para implantação do plantio florestal. Ao final de 20 anos do projeto de MDL (1) e ao final de 30 anos do projeto de MDL (2), as emissões GEE devido à perda de biomassa somaram 90.090,00 tCO₂e.

Esse resultado foi inferior ao encontrado no DCP-PLANTAR (2009), ou seja, 128.396 tCO₂e. Entretanto os valores foram próximos, podendo atribuir essa diferença a diferença do tamanho da área (área do projeto da Plantar é superior a do presente estudo), bem como aos dados da pastagem pré-existente (dados utilizados no projeto da Plantar são diferentes aos usados no presente estudo).

Com relação às emissões de GEE pela queima de combustíveis fósseis por uso de veículos, no projeto de MDL (1) durante os 5 primeiros anos, ocorreu aumento das emissões de GEE devido ao uso de máquinas nas atividades de preparo do terreno e plantio. Do 8º ao 20º ano também ocorreram emissões de GEE devido ao uso de máquinas nas atividades de desbaste e corte raso. Essas emissões somaram, ao final de 20 anos, o valor de 11.229,30 tCO₂e (TABELA 7).

As emissões de GEE devido à queima de combustíveis fósseis pelo uso de veículos no projeto de MDL (2) ocorreram durante os 5 primeiros anos devido ao uso de máquinas no preparo do terreno e plantio, do 8º ao 24º ano devido ao uso de máquinas nas atividades de desbaste e no 30º ano devido ao uso de máquinas no

corde raso. Essas emissões somaram, ao final de todo período do projeto (30 anos), o valor de 14.639,03 tCO₂e (TABELA 8).

O resultado do projeto de MDL (2) foi superior ao do projeto de MDL (1) por aquele conter um desbaste a mais (4º desbaste).

No DCP-PLANTAR (2009), o valor das emissões de GEE pela queima de combustíveis fósseis por uso de veículos (56.507 tCO₂e) foi superior aos valores encontrados no presente estudo para os dois projetos de MDL. Essa diferença pode ser atribuída ao tamanho da área, ao número de atividades silviculturais realizadas, ao tipo e número de veículos utilizados nas atividades silviculturais, entre outras.

Por fim, o total das emissões de GEE por fontes, considerando os 20 anos do projeto de MDL (1), foi de 101.319,30 tCO₂e (TABELA 7). O total das emissões de GEE por fontes do projeto de MDL (2), contemplando todo o período do projeto (30 anos), foi de 104.729,03 tCO₂e (TABELA 8).

TABELA 7 – EMISSÃO DE GEE POR FONTES DECORRENTES DA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1)

Anos do projeto	Emissão de GEE pela perda de biomassa na implantação do plantio de <i>Pinus taeda</i>	Emissão de GEE pela queima de combustível fóssil pelo uso de veículos	Total de emissão de GEE por fontes do projeto florestal de MDL
Ano	t CO ₂ e.ano ⁻¹	t CO ₂ e.ano ⁻¹	t CO ₂ e.ano ⁻¹
1	19.305,00	394,23	19.699,23
2	19.305,00	394,23	19.699,23
3	19.305,00	394,23	19.699,23
4	19.305,00	394,23	19.699,23
5	12.870,00	262,82	13.132,82
6	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00
8	0,00	486,21	486,21
9	0,00	486,21	486,21
10	0,00	486,21	486,21
11	0,00	1.127,01	1.127,01
12	0,00	964,94	964,94
13	0,00	640,80	640,80
14	0,00	640,80	640,80
15	0,00	838,47	838,47
16	0,00	411,27	411,27
17	0,00	411,27	411,27
18	0,00	411,27	411,27
19	0,00	274,18	274,18
20	0,00	2.210,94	2.210,94
Total	90.090,00	11.229,30	101.319,30

FONTE: resultados da customização da ferramenta TARAM V1.3

TABELA 8 – EMISSÃO DE GEE POR FONTES DECORRENTES DA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

Anos do projeto	Emissão de GEE pela perda de biomassa na implantação do plantio de <i>Pinus taeda</i>	Emissão de GEE pela queima de combustível fóssil pelo uso de veículos	Total de emissão de GEE por fontes do projeto florestal de MDL
Ano	t CO ₂ e.ano ⁻¹	t CO ₂ e.ano ⁻¹	t CO ₂ e.ano ⁻¹
1	19.305,00	394,23	19.699,23
2	19.305,00	394,23	19.699,23
3	19.305,00	394,23	19.699,23
4	19.305,00	394,23	19.699,23
5	12.870,00	262,82	13.132,82
6	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00
8	0,00	486,21	486,21
9	0,00	486,21	486,21
10	0,00	486,21	486,21
11	0,00	1.127,01	1.127,01
12	0,00	964,94	964,94
13	0,00	640,80	640,80
14	0,00	640,80	640,80
15	0,00	838,47	838,47
16	0,00	411,27	411,27
17	0,00	411,27	411,27
18	0,00	411,27	411,27
19	0,00	274,18	274,18
20	0,00	540,49	540,49
21	0,00	540,49	540,49
22	0,00	540,49	540,49
23	0,00	540,49	540,49
24	0,00	360,33	360,33
25	0,00	0,00	0,00
26	0,00	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,00
28	0,00	0,00	0,00
29	0,00	0,00	0,00
30	0,00	3.098,38	3.098,38
Total	90.090,00	14.639,03	104.729,03

FONTE: resultados da customização da ferramenta TARAM V1.3

O projeto de MDL (2) apresentou resultado pouco superior a do projeto de MDL (1), devido à diferença na estimativa das emissões de GEE pelo uso de veículos dentro da área do projeto.

Conforme o DCP-PLANTAR (2009), o aumento das emissões de GEE por fontes do projeto florestal de MDL com eucalipto totalizou 186.739 tCO₂e. Esse valor também foi superior ao encontrado nos projetos de MDL estudados.

4.4.2.3 Estimativa *ex ante* da remoção real líquida de GEE por sumidouros

A estimativa *ex ante* da remoção real líquida de GEE ($\Delta C_{ATUAL,t}$) dos projetos de MDL (1) e (2) foi obtida por meio da subtração dos resultados da mudança no estoque de carbono na biomassa viva das árvores ($\Delta C_{ijk,t}$) pelos resultados das emissões de GEE por fontes dentro dos limites do projeto ($GHG_{E,t}$), conforme a fórmula (21):

$$\Delta C_{ATUAL,t} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \Delta C_{ijk,t} - GHG_{E,t} \quad (21)$$

Assim, no projeto de MDL (1) foi encontrado o seguinte valor de estimativa *ex ante* da remoção real líquida de GEE :

$$\Delta C_{ATUAL,t} = 1.709.256,50 - 101.319,30 = 1.607.937,20 \text{ tCO}_2\text{e}$$

Por sua vez, no projeto de MDL (2) foi encontrado o seguinte valor para a mesma estimativa:

$$\Delta C_{ATUAL,t} = 2.512.549,43 - 104.729,03 = 2.407.820,40 \text{ tCO}_2\text{e}$$

Analisando o exposto, verificou-se que o projeto de MDL (2) obteve maior estimativa de remoção real líquida de GEE do que o projeto de MDL (1). Essa diferença ocorreu principalmente, devido ao resultado de mudança do estoque de carbono da biomassa viva que foi superior no projeto de MDL (2), conforme apresentado no item 4.4.2.1.

No projeto florestal de MDL com eucalipto da Plantar, a estimativa *ex ante* da remoção real líquida de GEE resultou em 3.040.909 tCO₂e (DCP-PLANTAR, 2009). Pode-se observar que esse valor foi superior aos encontrados nos dois projetos de MDL do presente estudo. Isso pode ser atribuído a vários fatores já

citados previamente, como ao uso de uma espécie florestal diferente, ao tamanho da área utilizada, ao período de obtenção de créditos, etc.

Os GRÁFICOS 5 e 6 apresentam a tendência dos resultados anuais da estimativa da remoção real líquida de GEE, ao longo de 20 anos do projeto de MDL (1) e longo de 30 anos do projeto de MDL (2), respectivamente.

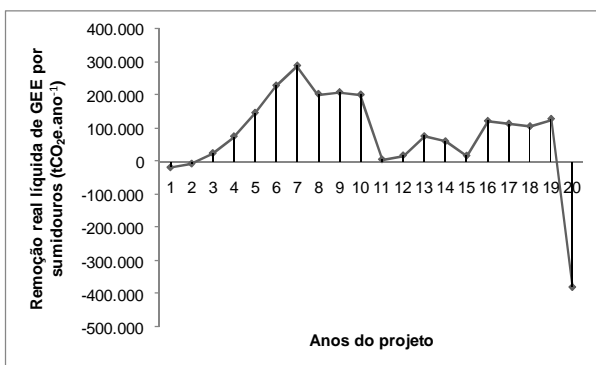


GRÁFICO 5 – TENDÊNCIA ANUAL DA REMOÇÃO REAL LÍQUIDA DE GEE AO LONGO DE 20 ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1)

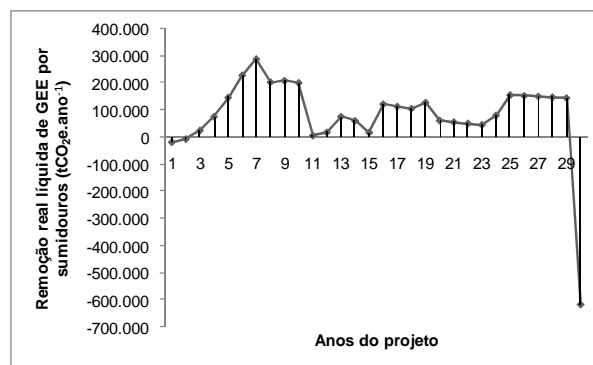


GRÁFICO 6 – TENDÊNCIA ANUAL DA REMOÇÃO REAL LÍQUIDA DE GEE AO LONGO DOS 30 ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

Nota-se no GRÁFICO 5 que os valores de tCO₂e iniciam nos 2 primeiros anos com valores negativos devido a retirada da pastagem para implantação do plantio com *Pinus taeda* no projeto de MDL (1). Com o passar do tempo, os valores vão aumentando até o 7º ano, devido ao aumento da biomassa viva das árvores. No 8º ano, o valor de remoção real líquida de GEE reduz como resultado do primeiro desbaste. Do 9º ao 19º ano, os valores oscilam, com reduções no 11º e 15º ano, devido ao segundo e terceiro desbaste. No 20º ano o valor torna-se negativo por consequência do corte raso das árvores do plantio.

No GRÁFICO 6 pode-se observar que os valores de tCO₂e iniciam nos 2 primeiros anos do projeto de MDL (2) com valores negativos devido a retirada da pastagem para implantação do plantio de *Pinus taeda*. Com o passar do tempo, os valores vão aumentando até o 7º ano do projeto. Do 8º ao 25º ano, os valores oscilam, com reduções no 8º, 11º, 15º e 20º ano como resultado dos desbastes. No 30º ano do projeto a remoção real líquida de GEE torna-se negativa, devido ao corte raso das árvores do projeto.

Verifica-se que a tendência mostrada nos GRÁFICOS 5 e 6 são bem semelhantes, pois os dois projetos de MDL apresentam atividades silviculturais

semelhantes. Dessa forma, a diferença entre os valores de remoção real líquida de GEE entre os dois projetos de MDL estudados, atribui-se principalmente aos diferentes valores de mudança do estoque de carbono da biomassa viva, que é consequência dos valores de volume por hectare, período de rotação e número de atividades silviculturais.

4.4.3 Estimativa *ex ante* das fugas do projeto

A estimativa *ex ante* das fugas do projeto (LK_t) foram calculadas com base no aumento das emissões de CO₂ pela queima de combustíveis fósseis por veículos motorizados fora dos limites do projeto ($LK_{Vehicle,CO_2,t}$).

O resultado total de fugas do projeto de MDL (1), obtido no final do período de 20 anos, foi de 4.537,63 tCO₂e. Já para o projeto de MDL (2), o resultado total de fugas obtido no final do período de 30 anos, foi de 6.132,51 tCO₂e.

Conforme exposto, observou-se que o projeto de MDL (2) obteve resultado superior ao do projeto de MDL (1), devido ao maior número de atividades silviculturais realizadas, ou seja, um desbaste a mais (4^o desbaste).

No DCP-PLANTAR (2009) pode-se verificar que o resultado da estimativa *ex ante* das fugas do projeto florestal de MDL com eucaliptos foi de 15.522 tCO₂e, valor superior ao encontrado nos dois projetos de MDL do presente estudo. Isso pode ser atribuído a vários fatores, como por exemplo, o tamanho superior da área do projeto, o tipo e número de veículos utilizados nas atividades fora da área do projeto, número de atividades silviculturais realizadas, volume de madeira removida e período de obtenção de créditos.

O GRÁFICO 7 apresenta a tendência dos resultados anuais das estimativas de fuga, ao longo de 20 anos do projeto de MDL (1). Observa-se que no primeiro ano de projeto houve um aumento das fugas devido às atividades de plantio de *Pinus taeda*, e se manteve constante até o 5^o ano de projeto. No 6^o e 7^o ano, o valor da fuga é zero devido à ausência de atividades nesse período. Do 8^o ao 15^o ano, as fugas aumentaram de um modo geral, devido às atividades de desbaste, mantendo-

se constante em alguns períodos. Por fim, no 20º ano ocorre um novo aumento das fugas atribuído a atividade de corte raso.

Da mesma forma, o GRÁFICO 8 apresenta a tendência dos resultados anuais da estimativa de fuga, ao longo dos 30 anos do projeto de MDL (2). Observe-se que no primeiro ano de projeto houve um aumento das fugas devido às atividades de plantio de *Pinus taeda*, e se manteve constante até o 5º ano de projeto. Do 8º ao 23º ano, o valor da fuga aumenta de maneira geral, devido às atividades de desbaste ocorridas, mantendo-se constante em alguns períodos. Posteriormente, do 25º ao 29º ano, o valor da fuga é zero devido à ausência de atividades neste período. Por fim, no 30º ano ocorre um novo aumento atribuído à atividade de corte raso das árvores.

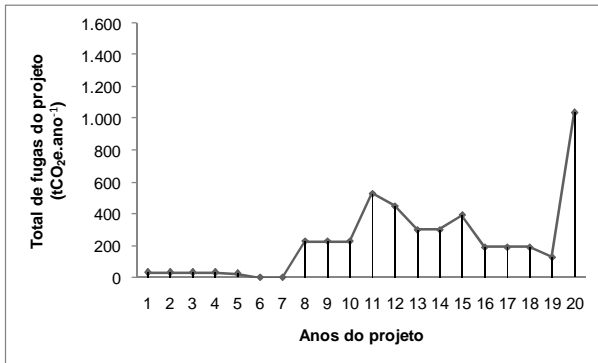


GRÁFICO 7 – TENDÊNCIA ANUAL DAS FUGAS AO LONGO DE 20 ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1)

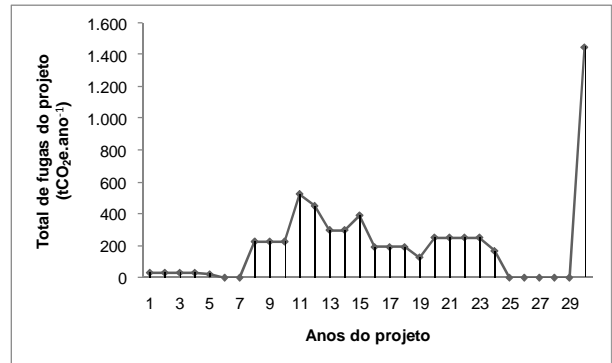


GRÁFICO 8 – TENDÊNCIA ANUAL DAS FUGAS AO LONGO DOS 30 ANOS DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

Observando os GRÁFICOS 7 e 8, pode-se verificar que a tendência dos dois projetos de MDL são semelhantes, devido as atividades silviculturais semelhantes. A maior diferença ocorre no final do período de obtenção de créditos do projeto de MDL (2), onde fica um período sem ocorrência de fugas.

4.4.4 Estimativa *ex ante* da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros

A estimativa *ex ante* da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros foi obtida por meio da subtração do resultado da remoção real líquida de GEE ($\Delta C_{ACTUAL,t}$) pelo resultado das fugas do projeto (LK_t) e pelo resultado da remoção

líquida de GEE da linha de base ($\Delta C_{BSL,t}$), conforme elucidado pela fórmula (22) a seguir:

$$C_{AR-CDM,t} = \Delta C_{ACTUAL,t} - \Delta C_{BSL,t} - LK_t \quad (22)$$

Essa estimativa, para o projeto de MDL (1), é resultado da soma das estimativas anuais de 20 anos de projeto (mesmo valor acumulativo no 20º ano) totalizando 736.716,83 tCO₂e:

$$C_{AR-CDM,t} = 1.607.937,20 - 866.682,74 - 4.537,63 = 736.716,83 \text{ tCO}_2\text{e}$$

No projeto de MDL (2), a estimativa *ex ante* da remoção antrópica líquida de GEE foi resultado da soma das estimativas anuais de todos os anos do projeto (30 anos), que é o mesmo valor acumulativo no 30º ano, totalizando 591.475,23 tCO₂e:

$$C_{AR-CDM,t} = 2.407.820,40 - 1.810.212,66 - 6.132,51 = 591.475,23 \text{ tCO}_2\text{e}$$

A empresa Plantar, em seu projeto florestal de MDL com eucaliptos, obteve como resultado da estimativa *ex ante* da remoção antrópica líquida de GEE, o valor de 2.273.493 tCO₂e (PDD-PLANTAR, 2009). Esse valor é superior aos encontrados no presente estudo, pois no projeto da Plantar, o resultado de remoção real líquida de GEE foi superior, bem como o resultado de remoção de GEE da linha de base foi inferior aos encontrados no presente estudo.

Diferente das demais estimativas, o projeto de MDL (1) obteve maior estimativa de remoção antrópica líquida de GEE do que o projeto de MDL (2), mesmo esse último consistindo em um reflorestamento de rotação mais longa, com maior produção de volume por hectare.

Para elucidar melhor a diferença dos resultados entre os projetos de MDL do presente estudo, vale considerar os seguintes aspectos:

- a) A remoção real líquida de GEE do projeto de MDL (2) foi superior que a do projeto de MDL (1), devido rotação mais longa do plantio, com maior produção de volume por hectare e maior período de obtenção de créditos;

- b) Os mesmos fatores contribuíram para o projeto de MDL (2) ter maior estimativa da remoção de GEE da linha de base do que o projeto de MDL (1);
- c) Entretanto, a estimativa da remoção real líquida de GEE do projeto de MDL (2) é influenciada pelas emissões de GEE ocorridas com o uso de veículos dentro da área do projeto no 4º desbaste, que não ocorre no projeto de MDL (1);
- d) A atividade de um desbaste a mais no projeto de MDL (2) ocasiona também o aumento das fugas do projeto quando comparado com o projeto de MDL (1);
- e) Dessa forma, com a estimativa superior de fugas e da emissão de GEE pelo uso de veículos, o que reduziu a estimativa de remoção real líquida de GEE, o projeto de MDL (2) obteve resultado de remoção antrópica líquida de GEE inferior ao projeto de MDL (1).

A TABELA 9 apresenta um resumo das principais estimativas calculadas por meio da ferramenta TARAM V1.3, com os valores acumulativos para 20 anos do projeto de MDL (1), bem como apresenta os anos do calendário, considerando o início do projeto em 2010. Em destaque na TABELA 9 aparecem os valores acumulativos das estimativas do 20º ano do projeto.

A implantação do projeto de MDL (1), nas condições em que foi previsto e simulado, resultou na média anual da remoção antrópica líquida de GEE estimada de $36.836 \text{ tCO}_2\text{e.ano}^{-1}$, bem como na média anual e por hectare de $5,26 \text{ tCO}_2\text{e/ano.ha}^{-1}$, conforme apresentado na TABELA 10.

TABELA 9 – RESUMO DAS PRINCIPAIS ESTIMATIVAS CALCULADAS PELA FERRAMENTA TARAM PARA O PROJETO FLORESTAL DE MDL (1)

Anos do Projeto	Anos do Calendário	Remoção líquida de GEE da linha de base	Remoção real líquida de GEE	Total de fugas do projeto	Remoção antrópica líquida de GEE
Ano	Ano	t CO ₂ e	t CO ₂ e	t CO ₂ e	t CO ₂ e
1	2010	178	-18.593	31	-18.802
2	2011	2.208	-25.706	62	-27.976
3	2012	9.299	-1.423	93	-10.816
4	2013	24.553	73.480	124	48.803
5	2014	50.221	219.171	145	168.805
6	2015	87.707	446.734	145	358.881
7	2016	137.750	734.046	145	596.151
8	2017	180.254	936.319	373	755.692
9	2018	232.504	1.143.756	600	910.652
10	2019	294.454	1.343.862	828	1.048.580
11	2020	337.182	1.349.282	1.355	1.010.745
12	2021	387.737	1.367.081	1.806	977.537
13	2022	445.763	1.442.556	2.106	994.687
14	2023	511.036	1.502.632	2.406	989.190
15	2024	569.441	1.519.543	2.798	947.304
16	2025	634.379	1.640.704	2.990	1.003.335
17	2026	705.652	1.753.337	3.183	1.044.502
18	2027	783.123	1.858.547	3.375	1.072.048
19	2028	866.683	1.985.885	3.504	1.115.699
20	2029	866.683	1.607.937	4.538	736.717

FONTE: resultados da customização da ferramenta TARAM V1.3

TABELA 10 – ESTIMATIVAS DA REMOÇÃO ANTRÓPICA LÍQUIDA DE GEE DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1)

Descrição	Valor	Unidade
Total da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros (20 anos)	736.717	tCO ₂ e
Média anual da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros	36.836	tCO ₂ e.ano ⁻¹
Média anual e por hectare da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros	5,26	tCO ₂ e/ano.ha ⁻¹

FONTE: resultados da customização da ferramenta TARAM V1.3

Na TABELA 11 encontra-se um resumo das principais estimativas calculadas por meio da ferramenta TARAM V1.3, com os valores acumulativos para os 30 anos do projeto de MDL (2), bem como apresenta os anos do calendário, considerando o início do projeto em 2010. Em destaque na TABELA 11 aparecem os valores acumulativos das estimativas do último ano do projeto (30º ano).

TABELA 11 – RESUMO DAS PRINCIPAIS ESTIMATIVAS CALCULADAS PELA FERRAMETA TARAM PARA O PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

Anos do Projeto	Anos do Calendário	Remoção líquida de GEE da linha de base	Remoção real líquida de GEE	Total de fugas do projeto	Remoção antrópica líquida de GEE
Ano	Ano	t CO ₂ e	t CO ₂ e	t CO ₂ e	t CO ₂ e
1	2010	178	-18.593	31	-18.802
2	2011	2.208	-25.706	62	-27.976
3	2012	9.299	-1.423	93	-10.816
4	2013	24.553	73.480	124	48.803
5	2014	50.221	219.171	145	168.805
6	2015	87.707	446.734	145	358.881
7	2016	137.750	734.046	145	596.151
8	2017	180.254	936.319	373	755.692
9	2018	232.504	1.143.756	600	910.652
10	2019	294.454	1.343.862	828	1.048.580
11	2020	337.182	1.349.282	1.355	1.010.745
12	2021	387.737	1.367.081	1.806	977.537
13	2022	445.763	1.442.556	2.106	994.687
14	2023	511.036	1.502.632	2.406	989.190
15	2024	569.441	1.519.543	2.798	947.304
16	2025	634.379	1.640.704	2.990	1.003.335
17	2026	705.652	1.753.337	3.183	1.044.502
18	2027	783.123	1.858.547	3.375	1.072.048
19	2028	866.683	1.985.885	3.504	1.115.699
20	2029	937.130	2.046.523	3.756	1.105.637
21	2030	1.013.174	2.101.766	4.009	1.084.583
22	2031	1.094.682	2.151.893	4.262	1.052.949
23	2032	1.181.542	2.196.994	4.515	1.010.937
24	2033	1.273.665	2.276.852	4.683	998.504
25	2034	1.370.962	2.431.803	4.683	1.056.158
26	2035	1.473.365	2.583.988	4.683	1.105.940
27	2036	1.580.786	2.733.637	4.683	1.148.168
28	2037	1.693.113	2.880.705	4.683	1.182.908
29	2038	1.810.213	3.024.914	4.683	1.210.018
30	2039	1.810.213	2.407.820	6.133	591.475

FONTE: resultados da customização da ferramenta TARAM V1.3

Conforme apresentado na TABELA 12, pode-se observar que a implantação do projeto de MDL (2), nas condições em que foi previsto e simulado, resultou na média anual da remoção antrópica líquida de GEE estimada de 19.716 tCO₂e.ano⁻¹, bem como na média anual e por hectare de 2,82 tCO₂e/ano.ha⁻¹.

TABELA 12 – ESTIMATIVAS DA REMOÇÃO ANTRÓPICA LÍQUIDA DE GEE DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

Descrição	Valor	Unidade
Total da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros (30 anos)	591.475	tCO ₂ e
Média anual da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros	19.716	tCO ₂ e.ano ⁻¹
Média anual e por hectare da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros	2,82	tCO ₂ e/ano.ha ⁻¹

FONTE: resultados da customização da ferramenta TARAM V1.3

Os GRÁFICOS 9 e 10 apresentam uma comparação entre os resultados acumulativos da remoção real líquida de GEE com os resultados da remoção líquida de GEE da linha de base, bem como os resultados finais acumulativos da remoção antrópica líquida de GEE, ao longo de 20 anos do projeto de MDL (1) e 30 anos do projeto de MDL (2), respectivamente.

Nota-se no GRÁFICO 9 que do 4º ao 20º ano, as remoções de GEE do reflorestamento com *Pinus taeda* superaram as remoções de GEE da linha de base, possibilitando a geração de “créditos de carbono” com a implementação do projeto de MDL (1).

Da mesma forma, no GRÁFICO 10, observa-se que do 4º ao 30º ano, as remoções de GEE do reflorestamento com *Pinus taeda* superaram as remoções de GEE da linha de base, possibilitando a geração de “créditos de carbono” na implementação do projeto de MDL (2).

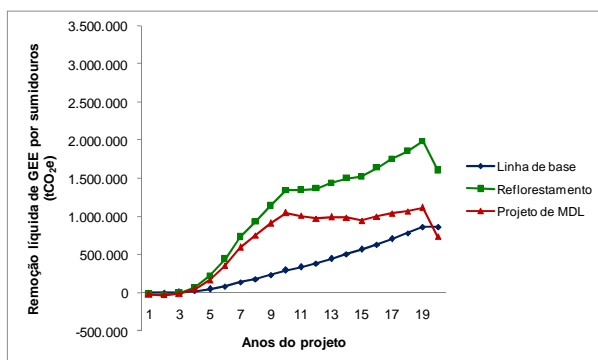


GRÁFICO 9 – COMPARAÇÃO ENTRE A REMOÇÃO REAL LÍQUIDA DE GEE E A REMOÇÃO LÍQUIDA DE GEE DA LINHA DE BASE DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1)

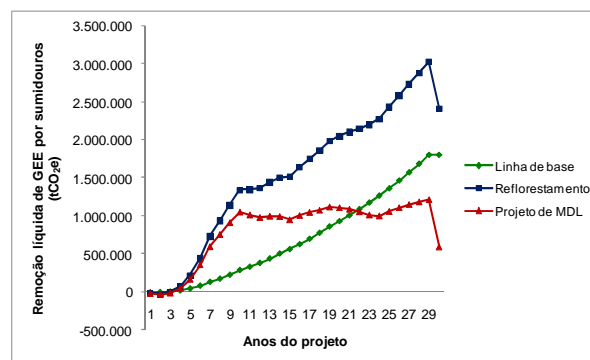


GRÁFICO 10 – COMPARAÇÃO ENTRE A REMOÇÃO REAL LÍQUIDA DE GEE E A REMOÇÃO LÍQUIDA DE GEE DA LINHA DE BASE DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

4.4.5 Estimativa das Reduções Certificadas de Emissões (RCEs)

A quantidade de Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) estimada nos projetos de MDL corresponde à quantidade de tonelada de CO₂ equivalente (tCO₂e) removida na estimativa da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros.

As RCEs temporárias (RCEt) são “créditos” emitidos para cada período de compromisso. As RCEt correspondem a quantidade de tCO₂e devidamente certificada em cada ano de verificação, que ocorre de 5 em 5 anos, e dessa forma são acumulativas.

As RCEs de longo prazo (RCEI) são “créditos” emitidos para todo o período de obtenção de créditos do projeto, não sendo acumulativas, ou seja, no primeiro ano de verificação são emitidas as RCEI devidamente certificadas, no segundo ano de verificação são emitidos os créditos certificados subtraindo a quantidade já emitida na primeira verificação, e assim sucessivamente.

Na TABELA 13 está apresentada a quantidade de RCEs estimada pela ferramenta TARAM V1.3, em cada ano de verificação do projeto de MDL (1), que tem período de obtenção de créditos de 20 anos.

A emissão dessas RCEs foi definida para ocorrer de 5 em 5 anos, a partir do 5º ano do projeto até o 20º. Assim, as RCEt somam ao longo de 20 anos do período de obtenção de créditos do projeto de MDL (1), 2.901.406 unidades, enquanto que as RCEI (com e sem reversão) somam ao longo dos 20 anos, 736.717 unidades. Pode-se notar que soma das unidades de RCEI foi igual a soma da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros, em 20 anos do projeto de MDL (1).

TABELA 13 – QUANTIDADE DE UNIDADES DE RCEs GERADAS PELO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1)

Anos do Projeto	Anos do Calendário	RCEt	RCEI (com reversão)	RCEI (sem reversão)
Ano	Ano	Unidades	Unidades	Unidades
5	2014	168.805	168.805	168.805
10	2019	1.048.580	879.775	567.912
15	2024	947.304	-101.276	0
20	2029	736.717	-210.587	0
Total		2.901.406	736.717	736.717

FONTE: resultados da customização da ferramenta TARAM V1.3

O GRÁFICO 11 apresenta as RCEt e as RCEI (com e sem reversão), estimadas pela ferramenta TARAM V1.3 para o projeto de MDL (1), ao longo de 20 anos do período de obtenção de créditos do projeto.

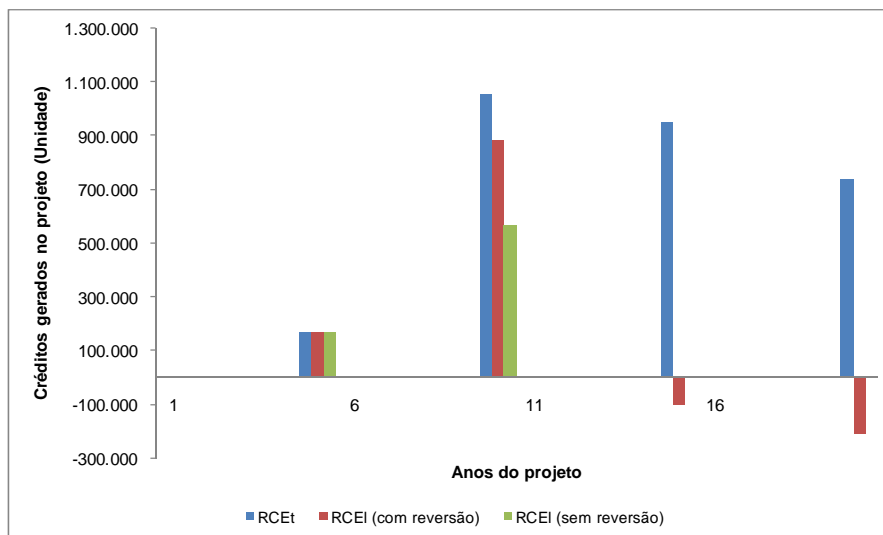


GRÁFICO 11 – REDUÇÕES CERTIFICADAS DE EMISSÕES GERADAS PELO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1)

Para o projeto de MDL (2) foi definido um período de obtenção de créditos de 30 anos sem renovação, bem como foi definida a emissão da RCEs para ocorrer de 5 em 5 anos, a partir do 5º ano do projeto até o 30º. Na TABELA 14 está apresentada a quantidade de RCEs, estimada pela ferramenta TARAM V1.3, em cada ano de verificação do projeto de MDL (2). Pode-se verificar que as RCEt somam ao longo de 30 anos do período de obtenção de créditos, 4.917.960 unidades, enquanto que as RCEI (com e sem reversão) somam ao longo dos 30 anos, 591.475 unidades. Nota-se também que a soma das unidades de RCEI foi igual a soma da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros, em 30 anos do projeto de MDL (2).

As RCEt e RCEI (com e sem reversão) do projeto de MDL (2), ao longo de todo o período de obtenção de créditos do projeto (30 anos), estão apresentadas no GRÁFICO 12.

TABELA 14 – QUANTIDADE DE UNIDADES DE RCEs GERADAS PELO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

Anos do Projeto	Anos do Calendário	RCEt	RCEI (com reversão)	RCEI (sem reversão)
Ano	Ano	Unidades	Unidades	Unidades
5	2014	168.805	168.805	168.805
10	2019	1.048.580	879.775	422.670
15	2024	947.304	-101.276	0
20	2029	1.105.637	158.332	0
25	2034	1.056.158	-49.478	0
30	2039	591.475	-464.683	0
Total		4.917.960	591.475	591.475

FONTE: resultados da customização da ferramenta TARAM V1.3

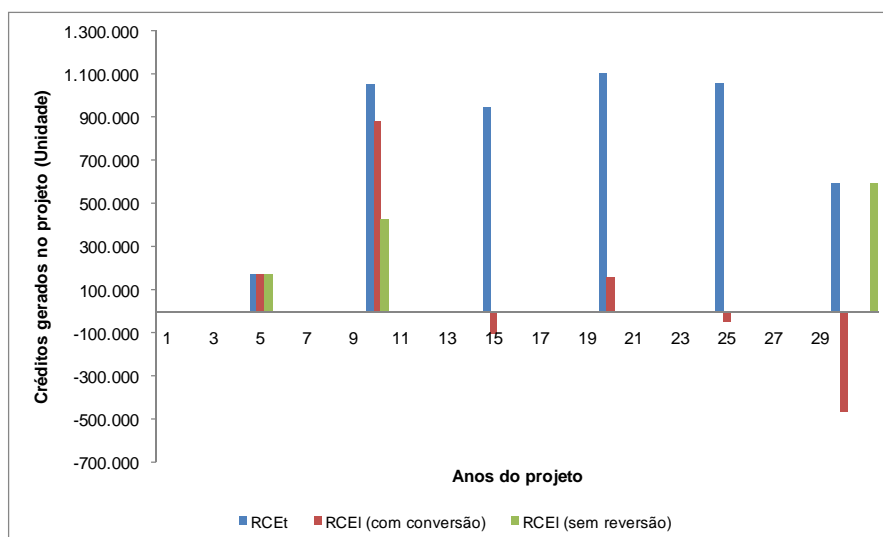


GRÁFICO 12 – REDUÇÕES CERTIFICADAS DE EMISSÕES GERADAS PELO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

Quando o projeto de MDL (1) com período de obtenção de créditos de 20 anos é comparado ao projeto de MDL (2) com período de obtenção de créditos de 30 anos, observa-se que o primeiro teve uma estimativa inferior de RCEt devido ao menor período de obtenção de créditos e considerando que as RCEt são acumulativas ao longo do período. Entretanto, com relação às RCEI (com e sem reversão), nota-se que o primeiro projeto obteve estimativa superior, uma vez que RCEI não é acumulativa e refere-se a soma da remoção antrópica líquida de GEE por sumidouros que no projeto de MDL (1) foi superior a do projeto de MDL (2).

4.4.6 Valor presente líquido por hectare dos projetos florestais de MDL

O valor presente líquido (VPL) por hectare (US\$.ha⁻¹) dos projetos de MDL estudados foi calculado com base no valor presente das receitas por hectare, considerando a venda das RCEs, e no valor presente dos custos por hectare considerando os processos de transação de um projeto florestal de MDL, utilizando uma taxa de desconto de 10% ao ano.

Nas TABELAS 15 e 16 estão apresentados os valores por hectare (em dólar) do total de RCEs para cada ano de emissão, considerando as RCEt, as RCEI com e sem reversão, dos projetos de MDL (1) e (2), respectivamente.

Observando o valor presente das RCEs.ha⁻¹, nota-se que ao final de 20 anos de período de obtenção de créditos, as RCEt totalizam US\$ 574,85, as RCEI.ha⁻¹ com reversão totalizam US\$ 264,15 e as RCEI.ha⁻¹ sem reversão totalizam US\$220,16 (TABELA 15).

TABELA 15 – VALORES EM DÓLAR DAS REDUÇÕES CERTIFICADAS DE EMISSÕES DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1)

Anos do Calendário	Valor RCEt.ha ⁻¹	Valor RCEI.ha ⁻¹ (com reversão)	Valor RCEI.ha ⁻¹ (sem reversão)	Valor Presente RCEt.ha ⁻¹	Valor Presente RCEI.ha ⁻¹ (com reversão)	Valor Presente RCEI.ha ⁻¹ (sem reversão)
Ano	Dólar	Dólar	Dólar	Dólar	Dólar	Dólar
2014	114,79	114,79	114,79	71,27	71,27	71,27
2019	713,03	598,25	386,18	274,91	230,65	148,89
2024	644,17	-68,87	0,00	154,21	-16,49	0,00
2029	500,97	-143,20	0,00	74,47	-21,29	0,00
Total	1.972,96	500,97	500,97	574,85	264,15	220,16

NOTA: O período de obtenção de créditos do projeto de MDL (1) é de 20 anos (2010 – 2029) e as emissões de RCEs foram previstas para ocorrer de 5 em 5 anos.

Com relação ao projeto de MDL (2), a soma dos valores presentes das RCEt.ha⁻¹, considerando os 30 anos de período de obtenção de créditos, foi de US\$ 701,48, das RCEI.ha⁻¹ com reversão foi de US\$ 280,23 e das RCEI.ha⁻¹ sem reversão foi de US\$ 182,09 (TABELA 16).

TABELA 16 – VALORES EM DÓLAR DAS REDUÇÕES CERTIFICADAS DE EMISSÕES DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2)

Anos do Calendário	Valor RCEt.ha ⁻¹	Valor RCEI.ha ⁻¹ (com reversão)	Valor RCEI.ha ⁻¹ (sem reversão)	Valor Presente RCEt.ha ⁻¹	Valor Presente RCEI.ha ⁻¹ (com reversão)	Valor Presente RCEI.ha ⁻¹ (sem reversão)
Ano	Dólar	Dólar	Dólar	Dólar	Dólar	Dólar
2014	114,79	114,79	114,79	71,27	71,27	71,27
2019	713,03	598,25	287,42	274,91	230,65	110,81
2024	644,17	-68,87	0,00	154,21	-16,49	0,00
2029	751,83	107,67	0,00	111,76	16,00	0,00
2034	718,19	-33,65	0,00	66,29	-3,11	0,00
2039	402,20	-315,98	0,00	23,05	-18,11	0,00
Total	3.344,21	402,20	402,20	701,48	280,23	182,09

NOTA: O período de obtenção de créditos do projeto de MDL (2) é de 30 anos (2010 – 2039) e as emissões de RCEs foram previstas para ocorrer de 5 em 5 anos.

O valor dos custos de transação por hectare dos projetos de MDL estão apresentados na TABELA 17 (em dólar), considerando 20 anos de período de obtenção de créditos do projeto de MDL (1) e 30 anos de período de obtenção de créditos do projeto de MDL (2). O valor presente dos custos por hectare é diferenciado para cada RCE utilizada.

TABELA 17 – VALORES EM DÓLAR DOS CUSTOS DE TRANSAÇÃO POR HECTARE DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL (1) E (2)

Projeto Florestal de MDL	Custos.ha ⁻¹ (US\$) - RCEt		Custos.ha ⁻¹ (US\$) - RCEI (com reversão)		Custos.ha ⁻¹ (US\$) - RCEI (sem reversão)	
	Valor	Valor Presente	Valor	Valor Presente	Valor	Valor Presente
Projeto de MDL (1)	109,18	43,15	56,67	31,76	47,76	28,33
Projeto de MDL (2)	172,08	48,86	66,70	32,83	49,33	27,15

Na TABELA 18 pode-se observar o VPL.ha⁻¹ dos projetos de MDL (1) e (2), considerando as RCEt e as RCEI com e sem reversão. No projeto de MDL (1), analisando os 20 anos de período de obtenção de créditos, o VPL.ha⁻¹ foi de R\$ 949,63 para as RCEt, R\$ 415,05 para as RCEI com reversão e R\$ 342,62 para as RCEI sem reversão.

Com relação ao projeto de MDL (2), em 30 anos de período de obtenção de créditos, o VPL.ha⁻¹ foi de R\$ 1.165,57 para as RCEt, R\$ 441,85 para as RCEI com reversão e R\$ 276,71 para as RCEI sem reversão.

TABELA 18 – VALOR PRESENTE LÍQUIDO POR HECTARE DOS PROJETOS FLORESTAIS DE MDL (1) E (2)

Projeto Florestal de MDL	VPL.ha ⁻¹ (dólar - US\$)			VPL.ha ⁻¹ (real - R\$)		
	RCEt.ha ⁻¹	RCEI.ha ⁻¹ (com reversão)	RCEI.ha ⁻¹ (sem reversão)	RCEt.ha ⁻¹	RCEI.ha ⁻¹ (com reversão)	RCEI.ha ⁻¹ (sem reversão)
Projeto de MDL (1)	531,71	232,39	191,84	949,63	415,05	342,62
Projeto de MDL (2)	652,62	247,40	154,93	1.165,57	441,85	276,71

Diante da análise dos resultados expostos, pode-se observar que a implementação tanto o projeto de MDL (1) como o projeto de MDL (2), visando à venda das RCEs, contribui com uma renda adicional aquela que ocorreria somente com a venda da madeira em pé do povoamento de *Pinus taeda*.

Conforme, já exposto no item 4.1.1, o regime de manejo (rotação de 20 anos) utilizado para compor o projeto de MDL (1) obteve um VPL.ha⁻¹ de R\$ 1.343,77, considerando os custos e receitas apenas da produção de madeira em pé e taxa de desconto de 10% ao ano. Da mesma forma, o regime de manejo (rotação 30 anos) utilizado para compor o projeto de MDL (2) obteve um VPL.ha⁻¹ de R\$ 948,47.

Observou-se, então que os projetos já seriam viáveis apenas considerando a produção de madeira em pé, sem o incentivo do MDL. Entretanto, como já mencionado previamente, a implantação do projeto de MDL nos reflorestamentos com *Pinus taeda* pode contribuir com uma renda adicional.

Nishi *et al.* (2005), com o objetivo de estudar a influência dos créditos de carbono na viabilidade financeira de projetos florestais, também observaram que com a taxa de desconto de 10% ao ano, o projeto com *Pinus* para resinagem foi viável sem os recursos adicionais das RCEs, e ressaltaram que a inclusão dos créditos de carbono propiciou aumento da viabilidade financeira do projeto.

Contudo, é importante ressaltar que, no presente estudo, o VPL.ha⁻¹ dos projetos de MDL foi calculado com base nos custos exclusivamente de atividades de transação do MDL, não sendo considerados os custos de implantação do povoamento. Os custos de implantação do povoamento foram considerados no cálculo do VPL.ha⁻¹ relativo à produção de madeira em pé.

Portanto, a implantação de reflorestamentos de *Pinus taeda* visando obtenção de renda exclusivamente da venda das RCEs, não consiste em um investimento viável, para as condições de preços, custos e taxa de desconto do presente estudo, uma vez que as receitas não cobrirão os custos.

Por outro lado, utilizando todos os benefícios do plantio, como a venda da madeira e venda das RCEs, a implantação de reflorestamento de *Pinus taeda* torna-se viável e ainda fornece a uma renda adicional aquela alcançada apenas com a venda da madeira.

Balbinot (2004), analisando a viabilidade econômica de um projeto de carbono com Pinus, observou que não compensa economicamente plantar floresta para gerar exclusivamente créditos de carbono, uma vez que a renda advinda apenas da venda dos créditos, não cobre os custos de implantação da floresta. Porém, o mesmo autor afirmou que quando as receitas advindas da madeira são somadas às do carbono, esse investimento torna-se muito mais atraente.

Os GRÁFICOS 13 e 14, a seguir, demonstram as rendas que podem ser alcançadas, nos projetos de MDL (1) e (2) respectivamente, com as seguintes fontes: madeira em pé e RCEs, considerando o VPL.ha⁻¹.

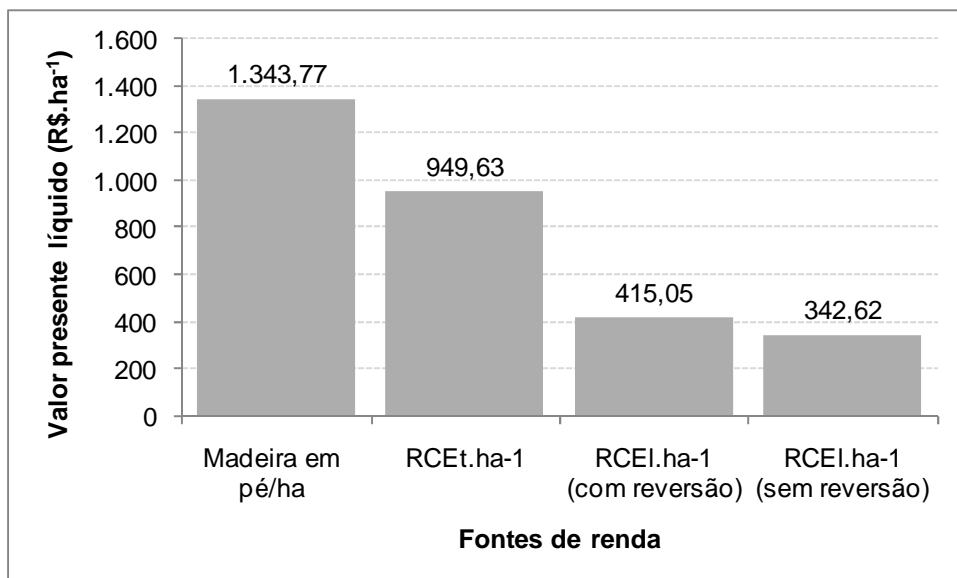


GRÁFICO 13 – FONTES DE RENDA DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (1), CONSIDERANDO VALOR PRESENTE LÍQUIDO POR HECTARE

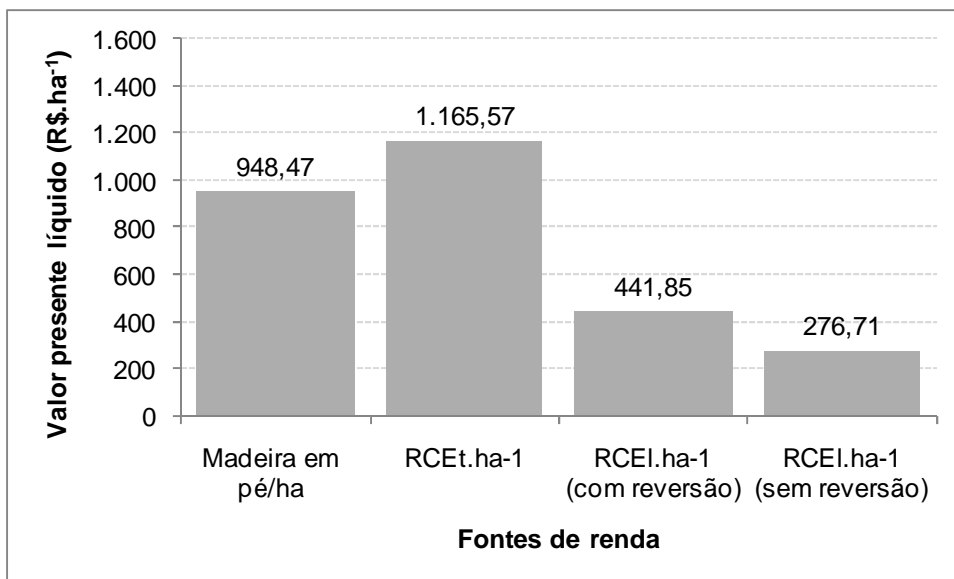


GRÁFICO 14 – FONTES DE RENDA DO PROJETO FLORESTAL DE MDL (2), CONSIDERANDO VALOR PRESENTE LÍQUIDO POR HECTARE

5 CONCLUSÕES

Por meio da análise dos resultados do presente estudo foi possível obter as conclusões pontuadas a seguir:

- A utilização da ferramenta TARAM auxilia intensamente na elaboração de projetos florestais de MDL, visto que a aplicação direta da metodologia de MDL aprovada é um procedimento mais complicado e demorado;
- A elaboração de um projeto florestal de MDL requer a existência ou execução de uma série de trabalhos anteriores, para a geração de estimativas mais precisas e conservadoras;
- A elaboração de um Documento de Concepção do Projeto florestal de MDL de larga escala, demanda bastante tempo e requer o trabalho de uma equipe multidisciplinar, bem como requer o conhecimento e estudo da metodologia de MDL que será aplicada e das ferramentas que serão utilizadas;
- Analisando os dois projetos florestais de MDL do presente estudo, com períodos diferentes de obtenção de créditos, concluiu-se que o projeto com período mais curto é mais interessante tanto no aspecto ambiental como no econômico. Isso se deve ao fato de que o projeto com período mais curto obteve maior estimativa de remoção antrópica de GEE, ou seja, fixa uma quantidade maior de carbono, bem como promove uma maior geração de renda quando considerada a produção de madeira mais a produção de “créditos de carbono”.
- Quando se analisa as Reduções de Certificadas de Emissões (RCE) temporárias e de longo prazo e considerando que as duas têm o mesmo valor (US\$), conforme aplicado nos projetos de MDL estudados, concluiu-se que é preferível escolher as RCEs temporárias, pois essas são acumulativas e podem gerar maior renda no final do período de obtenção de créditos, desde que não haja perturbação que devolvam o carbono fixado para a atmosfera;
- A implantação de reflorestamentos de *Pinus taeda* visando obtenção de renda exclusivamente da venda das RCEs, não consiste em um investimento viável, para as condições de preços, custos e taxa de desconto considerados no presente

estudo, uma vez que as receitas não cobrem os custos de implantação do povoamento.

- Utilizando todos os benefícios do plantio, como a venda da madeira e venda das RCEs, a implantação de reflorestamento de *Pinus taeda* torna-se viável e ainda fornece uma renda adicional aquela alcançada apenas com a venda da madeira.

6 RECOMENDAÇÕES

Por meio da análise dos resultados do presente estudo recomenda-se os pontos a seguir:

- Aferição dos resultados do presente estudo por meio de novas pesquisas com dados reais de povoamentos de *Pinus taeda* e adotando informações fiéis a realidade de um projeto específico;
- Utilização da ferramenta TARAM para elaboração de projetos florestais de MDL, bem como utilização de mais ferramentas que estejam disponíveis;
- Estudo e conhecimento da metodologia de MDL aprovada que será aplicada na elaboração de um projeto florestal de MDL específico;
- Implementação de projetos florestais de MDL para suprimento de madeira industrial/comercial, visando obter a renda extra com a venda dos “créditos de carbono” juntamente com a renda proveniente da venda da madeira, para que o investimento seja atraente e viável;
- Elaboração de projetos florestais de MDL adotando os procedimentos mais precisos e conservadores possíveis, bem como, dados e informações fiéis a realidade do projeto florestal de MDL específico;
- Empresas, proprietários ou profissionais que desejem desenvolver um projeto florestal de MDL com *Pinus taeda* na região de abrangência do presente estudo ou outra região devem usar dados e informações condizentes com a realidade do seu próprio projeto, visto que os dados e informações (sortimento, preços de madeira, custos, rendimento de operações florestais, atividades silviculturais, etc) utilizados neste estudo não são considerados padrões únicos para a espécie *Pinus taeda*, nem mesmo para demais espécies florestais, ocorrendo muitas vezes mudança desses valores de uma empresa para outra, de um proprietário para o outro, de um local para outro, etc.

REFERÊNCIAS

ACERBI JR. *et al.* Modelo para prognose do crescimento e da produção e análise econômica de regimes de manejo para *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa/MG, v. 26, n. 6, p. 699-713, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico da ABRAF 2009**: ano base 2008. Brasília: [s.n.], 2009. 120 p.

ARCE, J. E. **Manejo Florestal**. Curitiba: UFPR, 2002. 41p. Apostila do curso regular de Manejo Florestal da Faculdade de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná.

DAVIS, L. S.; JOHNSON, K. N. **Forest management**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1987. 789p.

BALBINOT, R. *et al.* Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Iрати/PR, v. 5, n. 1, p. 59-68, 2003.

BALBINOT, R. **Implantação de florestas geradoras de créditos de carbono: estudo de viabilidade no sul do estado do Paraná, Brasil**. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

BALBINOT, R. *et al.* Estoque de carbono em plantações de *Pinus* spp. em diferentes idades no sul do estado do Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 317-324, 2008.

CARBON FINANCE. Disponível em:
<<http://wbcarbonfinance.org/Router.cfm?Page=BioCF&ItemID=9708&FID=9708>>.
Acesso em: 30/09/2009.

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE). Disponível em:
<http://www.catie.ac.cr/BancoConocimiento/N/noticias_sede_taram/noticias_sede_taram.asp?IdObjetoSE=9081&CodIdioma=ESP&CodSeccion=91&CodMagazin=29&Tx>

tSiglaTema=OPCI_NOTI&PaisSel=&NomSeccion=Noticias&NomMagazin=>. Acesso em: 30/09/2009a.

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE). Disponível em: <http://www.catie.ac.cr/BancoConocimiento/D/del_catie_acerca_de_mision_vision_valores/del_catie_acerca_de_mision_vision_valores.asp?CodIdioma=ESP&NombreSubMenu=Misión%20y%20Visión&Sigla=Del_Catie&NomMagazin=Del%20CATIE&CodMagazin=4&CodSeccion=344&IntMenu=2&MagSigla=>>. Acesso em: 30/09/2009b.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Manual de capacitação sobre mudança do clima e projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL)**. Brasília: T. de C. Pires, 2008. 276 p.

CHANG, M. Y. Sequestro florestal de carbono no Brasil: dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas. In: SANQUETTA, R. C.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B. **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisa**. Curitiba: AM Impresses, 2004. p. 15-37.

DALLA CORTE, A. P. **Metodologia para detecção da elegibilidade, linha de base e monitoramento de projetos de MDL florestal**. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

DAVIS, L. S.; JOHNSON, K. N. **Forest management**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1987. 789p.

DOCUMENTO DE CONCEPÇÃO DO PROJETO – PLANTAR S/A (DCP-PLANTAR). **Formulário do documento de concepção do projeto para atividades de projetos de florestamento e reflorestamento (CDM-AR-PDD) - versão 04**. Projeto Plantar - Reflorestamento como Fonte Renovável de Suprimento de Madeira para Uso Industrial no Brasil. MDL – Conselho Executivo. 2009. 231p. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0200/200628.pdf>. Acesso em: 15 de setembro de 2009.

ECOSYSTEM MARKETPLACE. **State of the forest carbon markets 2009: taking root e branching out**. Washington: [s.n.], 2010. 70 p. Disponível em: <http://moderncms.ecosystemmarketplace.com/repository/moderncms_documents/SFCM.pdf>. Acesso em: 05/03/2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **SisPinus: Sistema de prognose do crescimento e produção de florestas - versão 2002.** Colombo/PR: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2002. Software.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/index.htm>>. Acesso em: 30 de setembro de 2009.

FOLHA DE SÃO PAULO. Disponível em:
<<http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/>>. Acesso em: 05 de março de 2010.

GOMES, F. dos S. **A seleção de regimes de manejo mais rentáveis em *Pinus taeda* L. na produção de madeira para papel e celulose.** 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

GORE, A. **A nossa escolha:** um plano para resolver a crise climática. Lisboa: Esfera do Caos, 2009. 414 p.

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B. de; CUNHA, U. S. da. **Introdução ao manejo e economia de florestas.** Curitiba: Ed. da UFPR, 1998. 162 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1992. 92 p. Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1.

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (IEDI). **Mudanças climáticas: desafios e oportunidades para um novo desenvolvimento.** [S.l.: s.n.], 2009. 31 p. Disponível em:
<http://www.iedi.org.br/admin_ori/pdf/20091201_cop15.pdf>. Acesso em: 07/02/2010.

INSTITUTE FOR GLOBAL ENVIRONMENTAL STRATEGIES (IGES). **CDM in charts: Ver. 8.0.** Japan: Ministry of the Environment, 2009, 101 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2001:** A contribution of working groups I, II, and III to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. United Kingdom: R.T. Watson: The Core Writing Team, 2001. 398 p. Disponível em:

<http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/>. Acesso em: 27/10/2009. Synthesis report.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Good practice guidance for land use, land-use change and forestry**. Kanagawa, Japan: J. Penman, 2003, 583 p. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_contents.html>. Acesso em: 02/07/2009.

KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura do *Pinus* no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 160 p.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **O mecanismo de desenvolvimento limpo: guia de orientação 2009**. Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio: FIDES, 2009. 131 p. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0205/205947.pdf>. Acesso em: 04/8/2009.

MELLO, A. A. de; BALBINOT, R.; SANQUETTA, C. R. Simulações do conteúdo de carbono em povoamentos de *Pinus taeda* L. no sul do estado do Paraná, sob diferentes regimes de manejo. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 23, n. 79, p. 17-24, 2004.

MELLO, A. A. de. *et al.* Planejamento florestal visando à maximização dos lucros e a manutenção do estoque de carbono. **Revista Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 205-217, 2005.

NISHI, M. H. *et al.* Influência dos créditos de carbono na viabilidade financeira de três projetos florestais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 2, p. 263-270, 2005.

PÉLLICO NETO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba: Editorado pelos autores, 1997. 316 p.

PÉLLICO NETTO, S.; SANQUETTA, C. R.; BRENA, D. A. A floresta de araucária e transições – Site 9. In: SEELIGER, U.; CORDAZZO, C.; BARBOSA, F. (Ed.). **Os sites e o programa brasileiro de pesquisas ecológicas de longa duração**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; [S.l.]: Fundação Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. p. 167–184.

SILVICONCONSULT. **Radar Silviconsult**. Ano 2, Edição 2, Curitiba, 2010. Revista.

ROBLEDO, C.; BLASER, J. **Key issues on land use, land-use change & forestry, with an emphasis on developing country perspectives**. Berna, Suíça: UNDP,

2008. 50 p. Disponível em:
<http://www.undp.org/climatechange/docs/English/UNDP_LULUCF_final.pdf>.
Acesso em: 02/07/2009.

ROCHA, M. T. O aquecimento global e os instrumentos de mercado para a solução do problema. In: SANQUETTA, C. R. *et al.* (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: 2002. p. 1-34.

ROCHA, M. T. Mudanças climáticas e o mercado de carbono. In: SANQUETTA, C. R.; ZILLOTTO, M. A. B.; CORTE, A. P. D. (Ed.). **Carbono: desenvolvimento tecnológico, aplicação e mercado global**. Curitiba: Editores, 2006. p. 19-41.

ROCHADELLI, R. **A estrutura de fixação dos átomos de carbono em reflorestamentos** (Estudos de caso: *Mimosa scabrella* Bentham, Bracatinga). 86 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

RÜGNITZ TITTO, M.; LEÓN, M. C.; PORRO R. **Guia para Determinação de Carbono em Pequenas Propriedades Rurais**. Belém: Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA), 2009. 81 p. (Manual Técnico n. 11) Disponível em:
<<http://www.worldagroforestry.org/downloads/publications/PDFS/B16291.PDF>>.
Acesso em: 05/11/2009.

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R. Metodologias para determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B. **Fixação de Carbono: atualidades, projetos e pesquisa**. Curitiba: AM Impressos, 2004. p. 77-93.

SANQUETTA, C. R. *et al.* Produção de madeira para laminação em povoamentos de *Pinus taeda* submetidos a diferentes densidades e regimes de desbaste: uma abordagem experimental. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 28, p. 83-99, 1998.

SANQUETTA, C. R. *et al.* Produção de madeira roliça para serraria de *Pinus taeda* no sul do Brasil: abordagem experimental. **Silva Lusitana**, Lisboa, v. 2, n. 9, p. 161-169, 2001.

SANQUETTA, C. R. *et al.* Efeito do espaçamento de plantio em reflorestamentos II. *Pinus taeda* L. em Jaguariaíva-PR. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 55-61, 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA (SBS). **Fatos e números do Brasil florestal**. [S.l.: s.n.], 2007. 109 p.

SCHUMACHER, M. V. *et al.* Estoque de carbono em florestas de *Pinus taeda* L. e *Acacia mearnsii* De Wild. plantadas no Estado do Rio Grande do Sul – Brasil. In: SANQUETTA, C. R. *et al.* (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: 2002. p. 141-152.

SETTE JUNIOR, C. R.; NAKAJIMA, N. Y.; GEROMINI, M. P. Captura de carbono orgânico em povoamentos de *Pinus taeda* L. na região de Rio Negrinho, SC. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, p. 317-324, 2006.

SPELTZ, R. **Avaliação econômica integrada de regimes de manejo em *Pinus taeda* L. direcionados a múltiplos produtos da madeira**. 151 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). **The clean development mechanism: an assessment of progress**. NASA / VW, 2006. 168 p.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Approved afforestation and reforestation baseline methodology AR-AM0005: afforestation and reforestation project activities implemented for industrial and/or commercial uses**. Version 03, Sectoral Scope: 14, EB 42, CDM – Executive Board, 31 p. Disponível em: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/approved_ar.html>. Acesso em: 10/07/2009.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Status of ratification**. Disponível em: <http://unfccc.int/essential_background/convention/status_of_ratification/items/2631.php>. Acesso em: 02/02/2010a.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **The united nations framework convention on climate change**. Disponível em: <http://unfccc.int/essential_background/convention/items/2627.php>. Acesso em: 02/02/2010b.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Convention bodies**. Disponível em: <http://unfccc.int/essential_background/convention/convention_bodies/items/2629.php>. Acesso em: 02/02/2010c.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Kyoto Protocol.** Disponível em: <http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php>. Acesso em: 02/02/2010d.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Status of ratification.** Disponível em: <http://unfccc.int/kyoto_protocol/status_of_ratification/items/2613.php>. Acesso em: 02/02/2010e.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **The mechanisms under the Kyoto Protocol: Emissions Trading, the Clean Development Mechanism and Joint Implementation.** Disponível em: <http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/items/1673.php>. Acesso em: 02/02/2010f.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Clean Development Mechanism (CDM).** Disponível em: <http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/clean_development_mechanism/items/2718.php>. Acesso em: 02/02/2010g.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Approved A/R methodologies.** Disponível em: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/approved_ar.html>. Acesso em: 02/02/2010h.

UNITED NATIONS. **United Nations framework convention on climate change – 1992.** Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>>. Acesso em: 30/09/2009.

UNITED NATIONS. **Kyoto protocol to the united nations framework convention on climate change – 1998.** Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>>. Acesso em: 30/09/2009.

VCS (Voluntary Carbon Standard). **Guidance for Agriculture, Forestry and Other Land Use Projects.** [S.l.: s.n.], 2007. 54 p. Disponível em: <<http://www.v-c-s.org/docs/AFOLU%20Guidance%20Document.pdf>>. Acesso em: 02/07/2009.

VITALE, B. **Introdução a mercados de carbono.** Brasília, 2008. Disponível em: <https://library.conservation.org/Published%20Documents/2008/07%20Introdu_o%20ao%20Mercado%20de%20Carbono,%20Ben%20Vitale.pdf>. Acesso em: 07/02/2010.

WIKIPÉDIA. **General Carneiro (Paraná).** Disponível em:
<[http://pt.wikipedia.org/wiki/General_Carneiro_\(Paran%C3%A1\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/General_Carneiro_(Paran%C3%A1))>. Acesso em: 22/01/2010a.

WIKIPÉDIA. **Palmas (Paraná).** Disponível em:
<[http://pt.wikipedia.org/wiki/Palmas_\(Paran%C3%A1\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Palmas_(Paran%C3%A1))>. Acesso em: 22/01/2010b.

WIKIPÉDIA. **Coronel Domingos Soares.** Disponível em:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Coronel_Domingos_Soares>. Acesso em: 22/01/2010c.

YOSHITANI JUNIOR, M. **Avaliação biométrica e econômica de plantios de *Pinus taeda* L. em Santa Catarina.** 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_ms/2009/d531_0727-M.pdf>. Acesso em: 04/02/2010.