



**SIMULAÇÃO DO REFLORESTAMENTO CILIAR DO RIO MUNDAÚ-AL COM  
BENEFÍCIO GERADO PELA VENDA DE CRÉDITOS DE CARBONO: UMA ANÁLISE  
DE VIABILIDADE ATRAVÉS DE MODELO INTERATIVO**

**ALCIDES JERONIMO DE ALMEIDA TENORIO JUNIOR; ECIO DE FARIAS COSTA;**

**PIMES - UFPE**

**RECIFE - PE - BRASIL**

**[alcides.tenorio@hotmail.com](mailto:alcides.tenorio@hotmail.com)**

**APRESENTAÇÃO ORAL**

**Agropecuária, Meio-Ambiente, e Desenvolvimento Sustentável**

**SIMULAÇÃO DO REFLORSTAMENTO CILIAR DO RIO MUNDAÚ-AL COM  
BENEFÍCIO GERADO PELA VENDA DE CRÉDITOS DE CARBONO:  
UMA ANÁLISE DE VIABILIDADE ATRAVÉS DE MODELO INTERATIVO**

**GRUPO DE PESQUISA: 6- Agropecuária, Meio-Ambiente, e Desenvolvimento Sustentável**

**RESUMO:** O protocolo de Quioto surgiu em uma tomada de decisão multilateral, e foi ratificado com o intuito de promover e regular ações de mitigação de emissão ou de absorção de gases que provocam o efeito estufa, que são possíveis em países em desenvolvimento, graças ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Porém, projetos na área florestal são raríssimos e possuem como único grande comprador de seus créditos gerados o Banco Mundial. É diante deste contexto desafiador, e fundamentado na grande importância ambiental local destas atividades, que este trabalho utiliza o Modelo Interativo de Viabilidade Econômica de Reflorestamento Ciliar que considera os benefícios financeiros provenientes da venda de créditos de carbono, para simular atividades em um rio federal na região da mata atlântica Nordeste (Rio Mundaú-AL), e assim buscar analisar se um projeto de MDL baseado em créditos florestais de matas ciliares nativas deste ecossistema é viável, através de diversas simulações diferentes onde são alteradas as principais variáveis de entrada, na busca dos melhores resultados. Como esperado os créditos não são suficientes para financiar uma boa parte do reflorestamento, porém, a depender principalmente da área, do modelo de plantio adotado, e da periodicidade dos custos de transação do projeto, o mesmo pode tornar-se viável e até passar a viabilizar uma parte das atividades.

**Palavras-Chave:** Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), Reflorestamento de Matas Ciliares, Modelo para Simulação de Viabilidade Econômica, Reduções Certificadas de Emissão (RCE's).

**ABSTRACT:** The Kyoto protocol came in a multilateral decision-making, and was ratified in order to promote and regulate the issue of mitigation actions or absorption of gases that cause the greenhouse effect, which are possible in developing countries, thanks to the Clean Development Mechanism (CDM). But projects in the forestry area are extremely rare and have as its only major buyer of credits the World Bank. In face this challenging context, and based on local environmental importance of these activities, that this work uses the Interactive Model of Economic Feasibility of Ciliar Reforestation which considers the financial benefits from the sale of carbon credits, to simulate activities in a federal river in the Northeast Mata Atlântica region (Mundaú-AL river), and thus seek to examine whether a CDM project based on forest credits of native forests from this ecosystem is feasible, through many different simulations which the main variables of entry will be change, in search of best results. As expected the carbon credits are not sufficient to finance a representative part of the reforestation, however, depend mainly on the

area, the model adopted for planting, and the frequency of transaction costs of the project, it could become viable and help facilitate a part of the activities.

**Key Words:** Clean Development Mechanism (CDM), Ciliar Forestry Reforestation, Simulation Model for Economic Feasibility, Certificated Emission Reductions (CER's).

## 1. INTRODUÇÃO

Com o acúmulo dos gases que provocam o efeito estufa (GEE's) na atmosfera, este fenômeno, tão importante para a vida no planeta, passa a se tornar um grande problema, pois começa a existir um desequilíbrio entre as trocas térmicas da Terra e do sistema solar (NAE, 2005A). O resultado disso para o cotidiano das pessoas pode ser muito variado e depende principalmente da localização geográfica, e da atividade exercida por cada um. Mas existe o consenso de que o somatório dos prejuízos para toda a sociedade pode ser incalculável. Diante deste quadro, a comunidade civil passa a enxergar melhor o que cientistas já percebiam a décadas, sendo melhor difundido de alguns anos para cá. E assim, ações mitigadoras e de adaptação ao problema vem sendo tomadas com ênfase cada vez maior. Empresas e governos se sensibilizam, mercados para nova commodity "crédito de carbono"<sup>1</sup> são criados, e bolsas de valores passam a concentrar boa parte desses negócios.

Dentre as ações mais importantes destaca-se a ratificação do Protocolo de Quioto, com o estabelecimento de um período de comprometimento (2008-2012 inicialmente), onde os países do Anexo I do Protocolo devem emitir em média apenas 95% do ocorrido em 1990 (Stowell, 2005), criando-se assim mais um grande mercado mundial de créditos de carbono, e desta vez, fortemente fundamentado em regras mais rígidas e claras.

Um dos seus mecanismos, o MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo), o qual permite a participação de países em desenvolvimento (Não-Anexo I) na execução de projetos de mitigação em seus territórios, gerando divisas, contribuindo para a finalidade do Protocolo (mitigação) e ajudando no desenvolvimento sustentável local dos mesmos.

Dentre as áreas de projeto, a florestal mostra grandes benefícios ambientais, ainda mais se focalizada a possibilidade de fazê-lo em matas nativas ciliares, pois do ponto de vista ecológico, as zonas ripárias (chamadas neste texto também como áreas ciliares) têm sido consideradas como corredores extremamente importantes para a diversificação vegetal e para o desenvolvimento e o movimento da fauna. Estas zonas são tidas como importantes bancos de semente pra a regeneração natural da flora [Triquet et al. (1990), Gregory et al. (1992) apud Lima & Zakia (2004)], visto que nelas ocorrem tanto espécies tipicamente ciliares, quanto àquelas que também ocorrem em terra firme. Os autores entendem que esta função ecológica já é sem dúvidas um motivo suficientemente importante para justificar a preservação destas áreas ciliares, ou porque não dizer, para o reflorestamento das mesmas. Entretanto, quando somado às importâncias relacionadas aos aspectos hidrológicos, como o equilíbrio da microbacia, através da sua influência direta sobre a manutenção da qualidade e quantidade da água, e ainda para a manutenção do próprio ecossistema aquático, sua importância pode ser ainda mais ressaltada (Lima & Zakia, 2004), como reforça, por exemplo, o próprio Banco Mundial (The World Bank, 2007), o qual afirma que os florestamentos / reflorestamentos constituem uma das atividades atribuíveis ao MDL que mais geram ganhos sócio-ambientais locais.

---

<sup>1</sup> Já existiam acordos que regiam e bolsas que negociavam esta commodity, porém não eram tão conhecidos do grande público até as negociações de Quioto.

Porém ainda é uma área vista com ressalvas, devido à complexidade regulatória, à dificuldade de se precisar a quantidade de carbono absorvida e demonstrar sua adicionalidade<sup>2</sup>, e devido ao status de estoque de carbono temporário (The World Bank, 2007 e NAE, 2005B). Mas de qualquer forma, possui seus demandantes de créditos, como por exemplo o Banco Mundial, os quais entendem ser uma atividade muito importante para a sustentabilidade ambiental.

Assim, mais do que um fator financeiro, a busca pela realização de atividades de projetos na área florestal é uma forma de agir para o “retrocesso”, e não apenas a “mitigação”, dos níveis de GEE’s na atmosfera, além de ajudar a recuperação local de áreas historicamente degradadas. Neste intuito, o mercado de Quioto poderia servir como um financiador parcial de atividades florestais, em especial aquelas que envolvam reflorestamentos baseados em espécies nativas de cada região. Além disso, é sabido que projetos de MDL baseados em atividades de florestamento e reflorestamento de grandes áreas com espécies de rápido crescimento apresentam custos competitivos (The World Bank, 2007), porém pouco se sabe sobre o reflorestamento de matas nativas (que apresentam um menor desempenho), em especial de espécies da Mata Atlântica. Sendo assim, como os custos de reflorestamento são muito altos e não podem ser financiados por meio de um projeto de MDL, uma hipótese pode ser colocada em questão: A de que a receita com as RCE’s (Reduções Certificadas de Emissão<sup>3</sup>) de um projeto de MDL como este possa pelo menos financiá-lo, e talvez ajudar a financiar parte dos custos totais de reflorestamento, ao transcender o valor total dos custos do próprio projeto (custos de transação).

Desta forma, utilizando-se o Modelo Interativo de Viabilidade Econômica de Reflorestamento Ciliar com Benefício Gerado pela Venda de Créditos de Carbono, buscou-se estas respostas, através de diversas simulações com a alternância das variáveis entendidas como mais significativas (modelo e densidade de plantio, adubação, além da periodicidade das verificações, certificações e venda das RCE’s) para o estudo de caso em questão: o rio Mundaú, um córrego federal que tem nascente em Pernambuco, mas ganha destaque ao se aproximar de Maceió – AL, revelando-se um dos rios mais importantes desta região.

## 2. METODOLOGIA

O modelo utilizado neste estudo é composto por planilhas do tipo .xls que interagem entre si possibilitando a simulação de diversas situações técnicas de plantio, de mercado (valor da RCE’s, valor dos insumos, etc) e bióticas (características das espécies a serem plantadas), e é baseado na junção de dois aspectos metodológicos distintos: a metodologia de levantamento dos custos de reflorestamento; e de custo-benefício econômico do projeto de MDL. Estes aspectos acabam se completando ao buscar analisar a possibilidade dos custos de recuperação das matas ciliares serem parcialmente pagos pela receita dos créditos de carbono obtidos na forma de RCE’s.

Por se tratar de uma análise com características temporais discretas, e por ser composta por muitas equações (com suas respectivas nuâncias) o modelo utiliza o critério do Valor Presente Líquido (VPL) para as decisões de investimento de capital nestas atividades, objetivando-se agrupar e comparar os custos e receitas do reflorestamento e do projeto de MDL numa mesma análise. Como mostram Pindyck & Rubinfeld (2002) e Carlson et al. (1993) o VPL de um fluxo de caixa futuro pode ser dado por:

---

<sup>2</sup> Requisito indispensável para a aprovação de um projeto de MDL.

<sup>3</sup> Crédito de carbono gerados através de projetos de MDL.

$$VPL = -C_0 - \frac{C_1}{(1+r)} - \frac{C_2}{(1+r)^2} \dots - \frac{C_m}{(1+r)^m} + R_0 - \frac{R_1}{(1+r)} + \frac{R_2}{(1+r)^2} \dots + \frac{R_n}{(1+r)^n} \quad (1)$$

Onde:

$VPL$  = o Valor Presente Líquido de todo o fluxo de caixa a ser considerado (R\$);  $C_m$  = custos decorrentes da atividade em questão, distribuídos por  $m$  períodos (R\$);  $R_n$  = receitas decorrentes da atividade em questão, distribuídas por  $n$  períodos (R\$);  $r$  = taxa de desconto considerada para a atividade (adimensional).

A taxa de desconto  $r$  é entendida no modelo como o retorno que a empresa (ou órgão) poderia obter em um investimento semelhante, ou seja, aquele que apresente um risco compatível com a atividade em questão (Pindyck & Rubinfeld, 2002).

Ao se utilizar o VPL para a avaliação de investimentos, é necessário (para dar como entrada no modelo) observar a valoração nominal ou real tanto do fluxo de caixa, quanto da taxa de desconto. Ou seja, é importante que ambos estejam expressos nominalmente, ou na forma real simultaneamente. Os autores justificam essa imposição porque a taxa de desconto representa o custo de oportunidade do investimento, e assim, se a inflação (ou demais taxas de reajuste de preços) for considerada nos valores futuros de custos ( $C$ ) e receitas ( $R$ ) do fluxo de caixa, também deve ser considerada em seu custo de oportunidade<sup>4</sup>. Desta forma antes de serem aplicadas as taxas de desconto, o modelo utiliza taxas de reajuste de preços (valores) para as atividades em questão:

$$VFF = -C_0 - C_1 \cdot (1+s) - C_2 \cdot (1+s)^2 - \dots - C_m \cdot (1+s)^m + R_0 + R_1 \cdot (1+s) + R_2 \cdot (1+s)^2 + \dots + R_n \cdot (1+s)^n \quad (2)$$

Onde:

$VFF$  = o Valor do Fluxo Futuro<sup>5</sup> (R\$);  $s$  = taxa de reajuste de preços (valores) considerada para a atividade (adimensional).

As taxas de reajuste  $s$  deverão ser dadas de acordo com índices que melhor se apliquem a cada caso, e assim, as taxas de desconto  $r$  poderão ser aplicadas em sua forma nominal (ou real se algum reajuste diferente da inflação não for adotado).

Caso considere-se que existam riscos não-diversificáveis quanto ao investimento nesta atividade, Pindyck & Rubinfeld (2002) mostram a necessidade de se buscar quantificar um “prêmio” (valor adicionado ao custo de oportunidade) que remunere adequadamente este risco. Para o modelo em questão, visto que as RCE’s geradas seriam vendidas em regime de “*securitização*”, considera-se que o risco de mercado é zero<sup>6</sup>, e portanto, os únicos riscos não-diversificáveis seriam ligados a atividade de reflorestamento em si (mortalidade excessiva de

<sup>4</sup> Nas simulações apresentadas a seguir note-se que a taxa de desconto considerada foi a Selic em vigor para o mês em questão. Real para os custos e receitas do MDL (pois o reajuste de preços foi considerado apenas como a inflação, sem previsão de aumentos nos preços do mercado – numa análise conservadora), e nominal nos custos de reflorestamento, onde o reajuste de preços é estimado pela evolução da média da renda do trabalhador rural.

<sup>5</sup> Denominado assim neste trabalho.

<sup>6</sup> O modelo proposto neste estudo pode considerar o pagamento antecipado pelos créditos de carbono a serem gerados no futuro, mitigando os riscos de desempenho e financeiro. Ou o pagamento nas datas de certificação das RCE’s, de um valor já pré-estabelecido na data zero de realização do contrato de securitização.

espécies, incêndios...), ou à aspectos relacionados à saúde financeira da empresa (ou banco de investimentos) com quem se negociar as RCE's geradas. Desta forma, o prêmio referente a estes riscos poderá ser considerado na escolha da taxa de desconto dada como entrada neste modelo<sup>7</sup>.

## 2.1. Metodologia de Cálculo do Modelo

A metodologia de cálculo utilizada pelo modelo é descrita aqui de forma resumida e sem aprofundamentos detalhados, que são mostrados por Tenorio Jr. (2008) nas equações 04 a 77.

A análise de viabilidade econômica deste modelo é dada metodologicamente como:

$$Viab_{econ} = Rmdl_{liq} - Ctot_{ref} \quad (3)$$

Onde:

$Viab_{econ}$  = o valor presente líquido final total (R\$);  $Rmdl_{liq}$  = valor presente da receita líquida gerada pela venda das RCE's (R\$);  $Ctot_{ref}$  = valor presente líquido do custo total do reflorestamento (R\$).

Para fins de análise, baseando-se no Código Florestal Brasileiro, o modelo de viabilidade (e este estudo) considera toda a área sujeita à preservação permanente como cedida para plantio pelos proprietários, sem incorrer em custos de oportunidade, e sem levar em conta outros aspectos jurídicos relacionados à propriedade rural. Desta forma, as únicas áreas sujeitas ao pagamento de compensações (simplificadamente na forma da compra destas áreas) seriam as que externarem os limites legais (indicados mais a frente), como é o caso das áreas de aceiro e zonas tampão.

### 2.1.1. Análise dos Custos de Reflorestamento

No modelo, a estimativa dos custos de recuperação (reflorestamento) das faixas ciliares é calçada nas experiências de Martins (2001) e Rodrigues & Leitão Filho (2004). Em suas obras, aspectos biológicos e técnicos foram levantados, e assim, adicionados a entrevistas realizadas com profissionais do setor de irrigação, e biólogos da Usina Coruripe (localizada na região da Mata Sul do estado de Alagoas), o que possibilitou a compilação de todas as informações necessárias para a estruturação desta etapa do modelo econômico.

Vale lembrar que várias entradas de valores e prazos são necessárias, e estão descritas com mais detalhes em Tenorio Jr (2008).

O custo total das ações de reflorestamento é dado por:

$$Ctot_{ref} = Cequip + Cimpl + Cman \quad (4)$$

Onde:

$Ctot_{ref}$  = custo total do reflorestamento, em valor presente (R\$);  $Cequip$ <sup>8</sup> = custo de compra de equipamentos (R\$);  $Cimpl$  = custo, em valor presente, das atividades de implementação

<sup>7</sup> O modelo não calcula os prêmios referentes a riscos do investimento. Mas aceita a inclusão dos prêmios na forma de alterações das taxas de desconto.

da recuperação (R\$);  $Cman$  = custo, em valor presente, das atividades de manutenção da área recuperada (R\$).

O  $Cequip$  é dado apenas pelos preços unitários dos equipamentos e suas respectivas quantidades. Valendo lembrar que podem ser considerados também os viveiros, algumas construções de apoio, e até a compra de equipamentos de irrigação. O  $Cimpl$  é dado através da soma dos valores presentes para cada um dos seis meses de implementação da recuperação ciliar (preparação do terreno; cova e coroamento; plantio das mudas por modelos de plantio<sup>9</sup>; proteção com cerca, aceiro e zona tampão). O  $Cman$  é dado pelo valor presente de cada atividade (adubação por modelos de plantio; irrigação; limpeza e manutenção; combate a formigas cortadeiras), que podem ser realizadas em um prazo de até 30 anos, e com frequências distintas, a depender das entradas para cada medida a ser tomada.

Estas atividades de implementação e manutenção do plantio são determinadas em uma matriz de variáveis do tipo dummy, para cada tipo de uso do solo possível. No modelo os usos são os mesmos do estudo de caso, e foram obtidos através de ANA (2005) para a região do CELMM.

Segundo as técnicas demonstradas por Martins (2001), algebricamente pode-se escrever:

$$Cimpl = Cprep + Ccov + Cmud + Ccer + Cacei + Ctam \quad (5)$$

$$Cprep = \sum_{t=1}^6 \sum_{j=1-A}^{2-C} \sum_{i=1,2}^n \sum_{a=1}^n Dummy3 \cdot A_{plant\ aijt} \cdot Pprep \quad (6)$$

$$Ccov = \sum_{t=1}^6 \sum_{j=1-A}^{2-C} \sum_{i=1,2}^n \sum_{a=1}^n Dummy2 \cdot Q_{plant\ aijt} \cdot Pcov \quad (7)$$

$$Cmud = \sum_{t=1}^6 \sum_{j=1-A}^{2-C} \sum_{i=1,2}^n \sum_{a=1}^n Dummy1 \cdot Q_{plant\ aijt} \cdot Pmud_j \quad (8)$$

$$Ccer = \sum_{t=1}^6 \sum_{j=1-A}^{2-C} \sum_{i=1,2}^n \sum_{a=1}^n Dummy4 \cdot \frac{(A_{plant\ aijt} + A_{regNat\ aijt})}{L_{faixa}} \cdot Pcer \quad (9)$$

$$Cacei = \sum_{t=1}^6 \sum_{j=1-A}^{2-C} \sum_{i=1,2}^n \sum_{a=1}^n Dummy4 \cdot \frac{(A_{plant\ aijt} + A_{regNat\ aijt})}{L_{faixa}} \cdot Lacei * (Pacei + Poport) \quad (10)$$

$$Ctam = \sum_{t=1}^6 \sum_{j=1-A}^{2-C} \sum_{i=1,2}^n \sum_{a=1}^n Dummy4 \cdot \frac{(A_{plant\ aijt} + A_{regNat\ aijt})}{L_{faixa}} \cdot Ltam * (Ptam + Poport) \quad (11)$$

$$Q_{plant\ aijt} = \frac{A_{plant\ aijt}}{x \cdot y} + 2 \cdot \sqrt{\frac{A_{plant\ aijt}}{x_j \cdot y_j}} + 1 \quad (12)$$

<sup>8</sup> O modelo considera que os equipamentos são comprados para a implementação das atividades de reflorestamento, ou seja, que já são dados no seu valor presente.

<sup>9</sup> Modelo 1 = homogêneo, utilizado para áreas próximas de resquícios de mata (adotou-se no estudo de caso a distância de 15m). Essas áreas podem ser classificadas em três tipos: A – “Área permanentemente encharcada”, B – “Área com encharcamento temporário”, ou C – “Área bem drenada, livre de inundação”. Modelo 2 = heterogêneo, que apesar de ser um pouco mais caro e de complexa implantação (devido à dificuldade de conseguir mudas ou sementes – para a própria produção de mudas – de espécies distintas), é o mais indicado, principalmente para aquelas áreas mais distantes de resquícios de matas naturais. Este também pode ser dos três tipos mostrados acima.

Onde:

$C_{prep}$  = custo, em valor presente, de preparo do terreno para plantio (R\$);  $C_{cov}$  = custo, em valor presente, de coveamento e coroamento (R\$);  $C_{mud}$  = custo, em valor presente, de plantio das mudas em sítio (R\$);  $C_{cer}$  = custo, em valor presente, de implantação de um possível cercado (R\$);  $C_{acei}$  = custo, em valor presente, de implantação de um possível aceiro (R\$);  $C_{acei}$  = custo, em valor presente, de implantação de uma possível zona tampão (R\$);  $A_{plant\ aijt}$  = área, a receber plantio, de cada polígono extraído segundo seus usos do solo (ha);  $A_{regNat\ aijt}$  = área, a receber regeneração natural, de cada polígono extraído segundo seus usos do solo (ha);  $Q_{plant\ aijt}$  = quantidade das unidades de mudas (cova / coroamento) inseridas por ha (Fonte: Elaboração própria, segundo modelos de plantio sucessionais mostrados em Martins, 2001); adimensional;  $x_j$  = distância horizontal média entre as mudas a serem plantadas por modelo de plantio  $j$  (m);  $y_j$  = distância vertical média entre as mudas a serem plantadas por modelo de plantio  $j$  (m);  $L_{faixa}$  = largura da faixa ciliar de proteção permanente segundo o Código Florestal Brasileiro, a qual será recuperada (m);  $L_{acei}$  = largura do aceiro possivelmente implementado (m);  $L_{acei}$  = largura da zona tampão possivelmente implementada (m);  $P$  = respectivos preços unitários de cada atividade (R\$ / por unidade ou ha);  $C_{oport}$  = custo de oportunidade pelo uso da área (de aceiros e zonas tampão) fora da região de preservação permanente. Por simplificação, é determinado pelo preço da unidade de área (R\$ / ha);  $a$  = quantidade de cada área (polígono) existente em cada extrato;  $i$  = extrato 1 (margem direita), e extrato 2 (margem esquerda);  $t$  = meses de plantio admitidos pelo modelo (de 1 a 6);  $j$  = modelos de plantio admitidos pelo modelo (1-A, 1-B, 1-C, 2-A, 2-B ou 2-C).

Já as atividades de manutenção são consideradas apenas para as áreas que receberão plantio, e assim baseando-se nas técnicas demonstradas por Martins (2001) o  $C_{man}$  pode ser escrito algebricamente como:

$$C_{man} = C_{adub} + C_{irrig} + C_{lim} + C_{comb} \quad (13)$$

$$C_{adub} = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1-A}^{2-C} \sum_{i=1,2} \sum_{a=1}^n Dummy5 \cdot Q_{plant\ aijt} \cdot P_{adub} \quad (15)$$

$$C_{irrig} = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1-A}^{2-C} \sum_{i=1,2} \sum_{a=1}^n Dummy6 \cdot A_{plant\ aijt} \cdot P_{irrig} \quad (16)$$

$$C_{lim} = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1-A}^{2-C} \sum_{i=1,2} \sum_{a=1}^n Dummy7 \cdot A_{plant\ aijt} \cdot P_{lim} \quad (17)$$

$$C_{comb} = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1-A}^{2-C} \sum_{i=1,2} \sum_{a=1}^n Dummy8 \cdot A_{plant\ aijt} \cdot P_{comb} \quad (18)$$

Onde:

*Cadub* = custo, em valor presente, da possível adubação do terreno durante o período determinado para esta atividade (R\$); *Cirrig* = custo, em valor presente, da possível irrigação do terreno durante o período determinado para esta atividade (R\$); *Clim* = custo, em valor presente, da possível limpeza (flora invasora, lixo, etc) do terreno durante o período determinado para esta atividade (R\$) *Ccomb* = custo, em valor presente, do possível combate a formigas no terreno e adjacências durante o período determinado para esta atividade (R\$); *P* = respectivos preços unitários de cada atividade; R\$ / (por unidade ou ha); *t* = anos de execução da atividade de 1 a T (máximo de 30 para projetos de MDL sem renovação).

### 2.1.2. Análise dos Custos e Receitas Geradas pela Atividade de Projeto de MDL

A atividade de projeto de MDL possui altos custos, denominados custos de transação, que se devem ao complexo e demorado trâmite do projeto, desde sua pré-concepção até a emissão e negociação das RCE's. Por outro lado, caracteriza-se como a única fonte de receita considerada (neste modelo econômico pelo menos) para a recuperação de matas localizadas em áreas de preservação permanente.

Desta forma a receita líquida gerada pela implementação de uma atividade de projeto de MDL, para um reflorestamento de mata ciliar, é estimada pela diferença entre a receita gerada pela venda das RCE's e os custos de transação envolvidos. Algebricamente:

$$Rmdl_{liq} = Rrce's - Ctrans \quad (19)$$

Os custos de transação são divididos em duas fases: Pré-implementação, constituindo o pré-desenvolvimento, a elaboração do Documento de Concepção de Projeto (DCP); a aprovação pela Agência Nacional Designada (AND); a validação pela Entidade Operacional Designada (EOD); legal / contratante; e o registro pelo Conselho Executivo. Além da fase de Implementação, formada pelo monitoramento; primeira verificação; outras verificações; primeira certificação / emissão de RCE's; outras certificações / emissão de RCE's; despesas administrativas e taxações. Diante do exposto o modelo considera:

$$Ctrans = Cpreim + Cim \quad (20)$$

Onde:

*Ctrans* = custo de transação total, em valor presente (R\$); *Cpreim* = custo, em valor presente, da fase de pré-implementação (R\$); *Cim* = custo, em valor presente, da fase de implementação (R\$).

$$Cpreim = (Cpredes + Cdcpc + Caprov + Cvalid + Cleg + Creg) \cdot T_{US\$/R\$} \quad (21)$$

Onde:

*Cpredes* = custo, em valor presente, da etapa de pré-desenvolvimento do projeto (R\$); *Cdcpc* = custo, em valor presente, da etapa de desenvolvimento do DCP (R\$); *Caprov* = custo, em valor presente, da etapa de aprovação do projeto pela EOD designada (R\$); *Cvalid* = custo, em valor presente, da etapa de validação do projeto pela AND brasileira (R\$); *Cleg* = custos

legais envolvidos, para os contratantes (em valor presente - R\$);  $C_{reg}^{10}$  = custo, em valor presente, da etapa de registro do projeto pelo Conselho Executivo do MDL (R\$);  $T_{US\$/R\$}$  = taxa de câmbio US\$ / R\$ atual.

A taxa de câmbio é considerada, por simplificação do modelo, como a atual em vigor. Isso se deve pq é muito difícil prever a tendência do câmbio para o horizonte total de implementação do projeto. E desta forma, também optou-se por utilizar o câmbio em vigor para a fase de pré-implementação.

Os custos da fase de implementação são dados por:

$$C_{im} = (C_{monit} + C_{ver1} + C_{ver} + C_{cert1} + C_{cert} + C_{admtax}) \cdot T_{US\$/R\$} \quad (22)$$

$$C_{monit} = \sum_{t=1}^T C_{monit}_t \quad (23)$$

$$C_{ver} = \sum_{t>5} C_{ver}_t \quad (24)$$

$$C_{cert} = \sum_{t>5} C_{cert}_t \quad (25)$$

Onde:

$C_{monit}$  = custo total, em valor presente, da etapa de monitoramento do projeto, nos T períodos (R\$);  $C_{ver1}$  = custo, em valor presente, da primeira verificação por parte da EOD escolhida (estudo de caso adota o ano nº 5) - (R\$);  $C_{ver}$  = custo, em valor presente, das demais verificações por parte da EOD escolhida (frequência a ser escolhida – máx 10 anos) – (R\$);  $C_{cert1}$  = custo, em valor presente, da primeira certificação por parte do Conselho Executivo do MDL (o modelo econômico adota o mesmo período que a verificação) – (R\$);  $C_{cert}$  = custo, em valor presente, das certificações por parte do Conselho Executivo do MDL (o modelo econômico adota o mesmo período que a verificação) – (R\$) =  $C_{admtax}$  = custo, em valor presente, das despesas administrativas e taxas, durante as certificações (R\$).

Como já exposto, pelo fato das áreas ciliares a serem recuperadas estarem dentro da faixa protegida pelo Código Florestal Brasileiro, o modelo não considera a coleta de madeira destas matas, visto que um processo de manejo poderia afetar a biótica desse ecossistema bastante complexo.

Desta forma a única fonte de receita considerada no modelo econômico é a formação de um estoque de carbono<sup>11</sup> nos sumidouros associados e estas áreas. Assim, esta parte do modelo é baseada na metodologia de cálculo de linha de base, cenário de projeto e monitoramento AR-AM0007 “*Afforestation and Reforestation of Land Currently Under Agricultural or Pastoral Use*”, aprovada pelo Conselho Executivo, e baseada no “*Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*” (GPGLULUCF), publicado pelo IPCC, e reconhecido como um guia a ser seguido na execução de projetos de uso do solo agrícolas ou florestais.

<sup>10</sup> Existe a utilização de funções lógicas porque o registro possui valores diferentes para volumes inferiores e superiores a 15.000 t CO<sub>2</sub>e.

<sup>11</sup> É importante frisar que os créditos de carbono florestais são baseados em estoques e não em fluxo. Ou seja, se o carbono deixar as fronteiras do projeto isso configura uma redução do estoque, e seus créditos referentes não serão mais válidos.

A AM-AR-0007 considera florestamentos e reflorestamentos em áreas utilizadas por usos agropecuários ou áreas degradadas, além da regeneração natural destas últimas áreas, e ainda a consideração de alterações futuras no cenário de linha de base, que não são consideradas neste estudo de caso.

Muitos parâmetros são necessários como entrada, e os utilizados no estudo de caso podem ser conferidos em Tenorio Jr. (2008).

A receita gerada pelo incremento do estoque de carbono (medido em CO<sub>2</sub>e) no projeto de MDL é dada por:

$$Rrce's = (EC_{antro}) \cdot Prce's \cdot T_{US\$/R\$} \quad (26)$$

$$EC_{antro} = EC_{proj} - EC_{lb} - EC_{vaz} \quad (27)$$

Onde:

$Rrce's$  = receita, em valor presente, da venda das RCE's durante o período de creditação (máx de 30 anos) – (R\$);  $EC_{antro}$  = soma da variação líquida total do estoque de carbono (medido em CO<sub>2</sub>e), devido à ação antrópica (devido a execução do projeto) – (t CO<sub>2</sub>e);  $EC_{proj}$  = soma da variação líquida total do estoque de carbono (medido em CO<sub>2</sub>e) no cenário de projeto, e dentro dos seus limites (t CO<sub>2</sub>e);  $EC_{lb}$  = soma da variação líquida do estoque de CO<sub>2</sub>e no cenário de linha de base (abstinência do projeto) – (t CO<sub>2</sub>e);  $EC_{vaz}$  = soma das emissões ou vazamentos, ocorridos fora dos limites do projeto, porém em decorrência do mesmo (t CO<sub>2</sub>e);  $Prce's$  = valor atual das RCE's\* (US\$).

### I - Linha de Base

Admitida conservadoramente como sendo 0 (zero) por não haverem duas observações com espaço de tempo de aproximadamente 15 anos (para que seja possível verificar as tendências de degradação e/ou reconstituição).

### II - Estimativa do Estoque de Carbono no Cenário de Projeto

Segundo o Método de Ganho e Perda de Carbono (GPGULUCF, 2007) têm-se resumidamente:

$$EC_{proj} = EC_{bv} + EC_{mm} + EC_{serr} - EC_{perda\ bio} - GEE_{emis} \quad (28)$$

Onde:

$EC_{proj}$  = soma da variação líquida total do estoque de carbono (medido em CO<sub>2</sub>e) no cenário de projeto, e dentro dos seus limites (t CO<sub>2</sub>e);  $EC_{bv}$  = soma da variação total do estoque de carbono (medido em CO<sub>2</sub>e) na biomassa de árvores vivas (t CO<sub>2</sub>e);  $EC_{mm}$  = soma da variação total do estoque de carbono (medido em CO<sub>2</sub>e) na madeira morta (t CO<sub>2</sub>e);  $EC_{serr}$  = soma da variação total do estoque de carbono (medido em CO<sub>2</sub>e) na serrapilheira (formada por

pequenos galhos, folhas, frutos, etc) – (t CO<sub>2</sub>e);  $EC_{perda\ bio}^{12}$  = redução no estoque de carbono de vegetações arbóreas<sup>13</sup> ou não, madeira morta e na serrapilheira, pré-existentes quando da implementação da atividade de projeto (t CO<sub>2</sub>e);  $GEE_{emis}$  = soma do aumento das emissões de GGE's (medido em CO<sub>2</sub>e) por fontes, dentro dos do projeto (t CO<sub>2</sub>e).

### III – Estimativa do Vazamento / Fuga das Emissões por Fontes

Os vazamentos /fugas, ou *leakages* em inglês, são considerados como todas as emissões, ou todas as reduções do estoque de carbono, que ocorrem fora dos limites da atividade de projeto de MDL, porém, que possam ser atribuídas à existência da mesma.

Para o modelo, não é considerado o desalojamento de pessoas, visto que as faixas ciliares são estreitas e de preservação permanente, sendo razoável imaginar que não existirão estes desalojamentos. Isso incorreria em vazamentos, por duas vertentes: Primeiro porque deslocaria um possível volume anual de coleta de madeira para fins combustíveis, e depois porque poderia deslocar atividades de desmatamento, em outras regiões, fora dos limites do projeto. Em ambos os casos seria muito difícil estimar estas medidas sem um estudo de campo, e portanto, constitui-se mais um motivo para a não inclusão destes vazamentos / fugas.

Desta maneira, o vazamento / fuga total estimado pelo modelo é escrito, resumidamente:

$$VAZ = VAZ_{veic} + VAZ_{cerca} \quad (29)$$

Onde:

$VAZ_{veic}$  = vazamento devido ao total de emissões de GEE's causadas pela queima de combustíveis fósseis por veículos, fora dos limites do projeto (t CO<sub>2</sub>e);  $VAZ_{cerca}$  = vazamento devido ao consumo de cercas de madeira advindas de biomassa externa aos limites do projeto (t CO<sub>2</sub>e).

## 2.2. Descrição do caso analisado

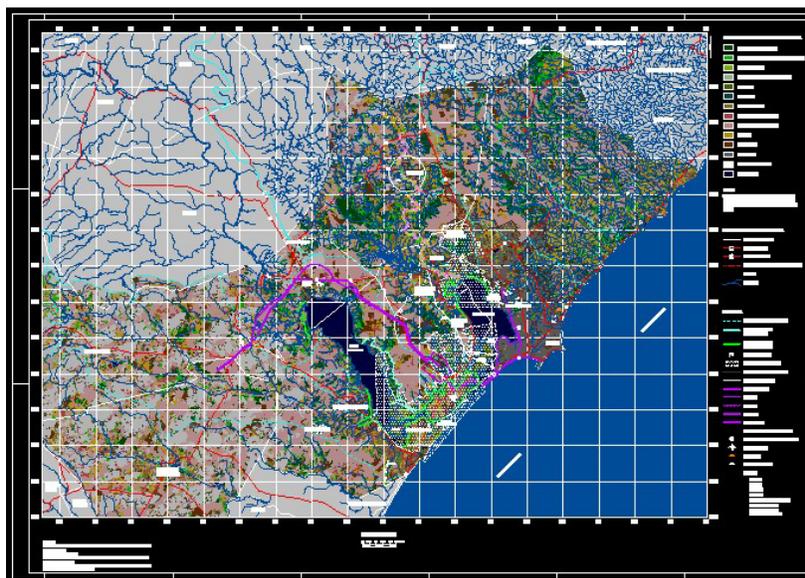
O Mundaú é um rio Federal que nasce nas serras pernambucanas, mas ganha destaque ao se aproximar de Maceió - AL, onde deságua na lagoa de mesmo nome, e se revela um dos rios mais importantes (ao lado do Paraíba do Meio) do Complexo Estuário Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM). A região do CELMM está demonstrada na Figura 01, obtida através de um trabalho de foto interpretação de imagens do satélite LANDSAT 5 TM, cena 214/67 de 21/09/98, bandas 4,5 e 3 na composição RGB, que pertence ao estudo da ANA (2005), e serve como base para o levantamento da faixa ciliar a ser estudada.

O estudo de caso trata de uma extensão de 36,07 km, que vai das proximidades do limite norte do município de Rio Largo, passando pelo Município de Satuba, até próximo da sua foz, entre os municípios de Santa Luzia do Norte e Maceió no Estado de Alagoas (Ver Figura 02).

<sup>12</sup> A AM-AR0007 abre mão da estimativa das variações no estoque de carbono, em seus três sub-estoques considerados para a vegetação pré-existente, quando sua variação é menor que 2%, daquelas esperadas para o cenário de projeto. Porém, o modelo considera sua estimativa em ambos os casos.

<sup>13</sup> Como este modelo não considera a retirada de vegetação arbórea, a perda de biomassa inicial se dará apenas em cultivos e vegetações não-arbóreas.

Como só foi possível encontrar uma observação para a área estudada (datada de 2005), considerou-se que os usos do solo apresentados a seguir não apresentaram variações de tendência nos últimos 10 ou 15 anos (é uma hipótese forte, mas vale lembrar que o modelo de viabilidade econômica proposto neste trabalho pode captar essa variação e associar uma alteração temporal do estoque de carbono destes usos).

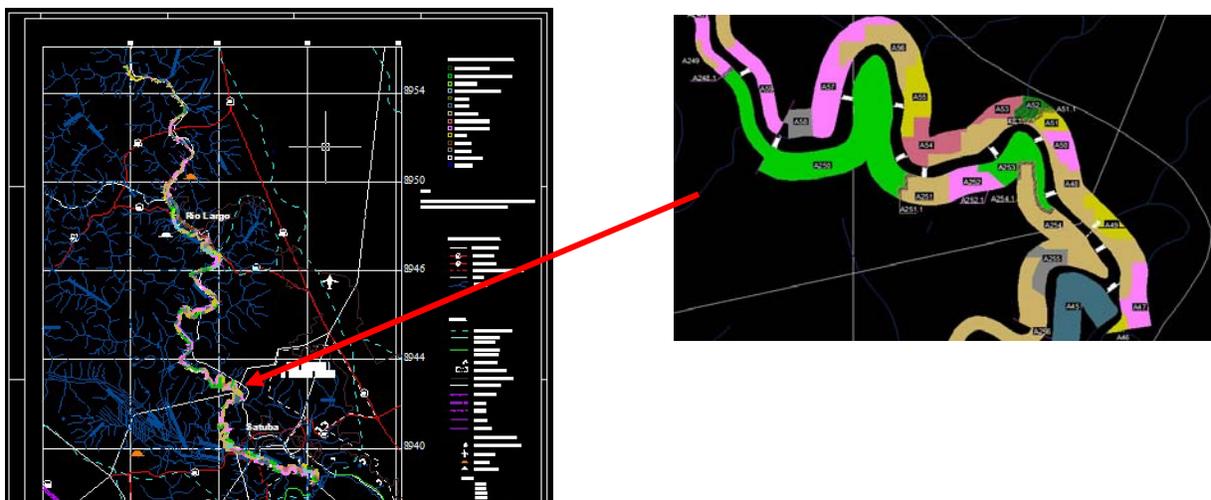


**Figura 01:** Mapa da foto interpretação de satélite da região do CELMM.

Fonte: ANA (2005).

### 2.2.1. Levantamento das Áreas

No total são 660,14 ha, distribuídos em 390 áreas (polígonos) na faixa estudada com seus respectivos usos do solo como mostrado na Figura 02. Os valores foram obtidos com uma ferramenta de precisão do tipo CAD ao assumir-se alguns trechos com larguras de 100, 50 e 30 m, a depender a própria largura do rio (de acordo com o Código Florestal Brasileiro). E assim, com a exceção do “Manguezal” todos os usos do solo previstos no Mapa da Figura 01 foram verificados na faixa ciliar, porém os usos de maior interesse para o reflorestamento foram: “Mata Atlântica de Encosta Descaracterizada” (62,83 ha) onde é considerada a regeneração natural com 70% de taxa de cobertura; e as demais “Campo de Várzea”, “Cultura Temporária (cana)”, “Pastagem” e “Solo Exposto” (somando 270,10 ha), que serão as áreas a serem reflorestadas com as técnicas de plantio mencionadas.



**Figura 02 (ao lado) e Figura 03 (acima):** Levantamento e separação das áreas segundo os usos do solo, e detalhe da separação, respectivamente.

Fonte: Elaboração própria.

Estes usos de interesse foram discriminados segundo suas porções que estão próximas de resquícios de matas de encosta ou ciliares<sup>14</sup> (enquadrando-se como modelo de plantio 1, próximo = homogêneo; ou modelo 2, distante = heterogêneo)<sup>15</sup>, e considerou-se de forma simplificada que os campos de várzea seriam áreas permanentemente encharcadas (tipo A), as áreas de cana seriam bem drenadas (tipo C). Já as áreas de pastagem se dividiram entre temporariamente encharcadas (tipo B) ou bem drenadas, a depender das áreas vizinhas, e o solo exposto se dividiu entre as três opções de encharcamento, também segundo suas áreas vizinhas.

Por fim, foi definida a implementação de cercas e aceiros em todas as áreas de interesse. As zonas tampão não foram consideradas.

### 2.2.2. Entrada das Espécies de Mudanças

Como não se conseguiu um estudo florístico adequado sobre as espécies nativas da região, foram levantados preços de 119 espécies fornecidas pela “Mata Atlântica Viveiro Florestal”, de onde foram retirados os menores valores (R\$ 2,00) para a composição do modelo de plantio 1 (homogêneo), e a média de todos os valores (R\$ 3,34) para a composição do modelo 2 (heterogêneo), além de calculado um valor médio de aproximadamente R\$ 1,00 para o frete de cada muda (250 por caminhão, com viagem de 60 km em média).

Estas espécies seriam plantadas num total de 270,10 ha, referentes aos usos do solo que serão substituídos pelo reflorestamento.

### 2.2.3. Entradas de Parâmetros e Outros Valores

Como o número de entradas é razoavelmente grande, esta seção mostrará apenas observações pertinentes que venham a caracterizar o reflorestamento, e a absorção líquida de carbono. Os valores utilizados para todas as entradas e parâmetros, bem como suas respectivas fontes, encontram-se melhor detalhados em Tenorio Jr. (2008).

Como a simulação é feita com mudas compradas, não foi considerada a instalação de viveiros, mas sim, apenas construções básicas de alojamento. Também considerou-se a compra de ferramentas de trabalho, e a irrigação por apenas 2 (dois) anos, visto que o plantio pode ser iniciado no período chuvoso, e que boa parte da região possui uma topografia rebaixada (campos de várzea), onde o plantio pode ser implementado nos meses mais secos.

Para fins das perdas iniciais de biomassa, as queimadas só são consideradas como preparo do terreno quando o uso do solo for do tipo “pastagem”, uma vez que esse já é um processo rotineiro dentro do ciclo da cana, e ocorreria mesmo na ausência do projeto de reflorestamento.

<sup>14</sup> Quando próximos estão sujeitos a uma sucessão natural das espécies mais rápida e bem sucedida, devido à ação dos vetores.

<sup>15</sup> Mais detalhes em Martins (2001) e Rodrigues & Leitão Filho (2004).

Os demais usos são capinados apenas nas áreas de coroamento<sup>16</sup>, pois podem possuir bancos de sementes de algumas espécies. Toda a implementação do plantio foi simulada para seis meses dada a extensão da faixa ciliar.

As etapas de preparação do terreno, realização de covas e coroamentos, e plantio efetivo das mudas, foram consideradas com as seguintes alterações na densidade de plantio: I - 1,5m x 1,0m; II - 2,0m x 1,5m; III - 2,5m x 2,0m; IV - 3,0m x 2,0m; e V - 3,0m x 3,0m. Além de serem analisados com e sem adubação, e com diversos períodos diferentes de verificação e certificação das RCE's. Aqueles que apresentaram os melhores resultados, e estiverem mais de acordo com as possibilidades reais de aplicação (razoáveis) foram analisados e discutidos com maior ênfase.

Além disso, são considerados o isolamento da área com cerca de mourões de madeira e aceiro de 3 m de largura para fora da área de proteção permanente, o que implicou em custos de oportunidade da área que passará a servir de aceiro (simplificado como o valor de compra da área). O isolamento também foi considerado nas áreas de mata atlântica de encosta descaracterizada para que a regeneração natural destas áreas também fosse quantificada.

A fase de manutenção é realizada com: limpeza e outras manutenções durante 7 (sete) anos, combate às formigas forrageiras durante 5 (cinco) anos, e com a simulação de adubação periódica ou não, realizada 2 (duas) vezes por ano, num prazo de 5 (cinco) anos (para todos os modelos de plantio).

Outro aspecto importante é a distância média de deslocamento dos veículos (necessária para estimar as emissões do projeto e os vazamentos / fugas). Dentro dos limites do projeto o deslocamento considerado é menor, e fora dele um pouco maior, porém não muito grande, pois a região analisada fica muito próxima da capital Maceió e outros centros urbanos. Apenas o frete das mudas será estimado em uma distância maior (aprox. 80 km).

Por fim, as taxas de valoração foram obtidas:

- Através de uma regressão linear simples para os valores reais do rendimento médio do trabalho principal<sup>17</sup>. Com uma série de 01/1996 até 05/2007. E serão utilizados para as etapas de implementação e manutenção do plantio, visto que estas se caracterizam como atividades de mão-de-obra intensivas (por simplificação).
- E consideradas como zero para os custos de transação, uma vez que é esperada a queda dos mesmos, devido ao amadurecimento e à otimização dos processos<sup>18</sup>. Essa é uma medida conservadora, e apropriada por não existir um consenso quanto ao futuro destes custos no médio e longo prazos.

E as taxas de desconto para o valor presente, foram simplificadas, e assumidas como iguais à Selic, real para os custos e receitas do MDL (pois o reajuste de preços foi considerado apenas como a inflação, sem previsão de aumentos nos preços do mercado – numa análise conservadora), e nominal nos custos de reflorestamento (implementação e manutenção), onde o reajuste de preços é estimado pela evolução dos mesmos valores reais do rendimento médio do trabalho principal.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

---

<sup>16</sup> Porém o modelo considera conservadoramente, para fins da estimativa do estoque de carbono, que toda a área que receberá plantio será capinada, e não apenas os círculos de coroamento.

<sup>17</sup> <http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?6087203>, consulta em junho de 2007.

<sup>18</sup> Um exemplo é a tentativa do governo brasileiro, por parte da AND, de padronizar projetos de Linha de Base, para grupos de atividades de MDL afins. Isso reduzirá com certeza o custo dos DCP's.

Primeiramente, é importante entender a influência da densidade de plantio, da adubação, e da periodicidade das verificações / certificações e das receitas com RCE's. Pois estas são variáveis entendidas como muito importantes na busca de opções mais interessantes do ponto de vista financeiro, pois é intuitivo achar que quanto maior a densidade maior os custos de plantio, no entanto, também será maior a receita com a venda das RCE's, o que também se espera que venha a ocorrer com a adubação do plantio como forma de manutenção do mesmo<sup>19</sup>. Por outro lado, quanto maior a periodicidade das certificações, mais rápido as receitas estarão disponibilizadas, porém mais altos se tornam os custos de verificação e certificação do projeto de MDL.

Para que seja possível discutir um cenário mais adequado, é importante analisar os resultados mostrados na Tabelas 01.

**Tabela 01:** Matriz comparativa dos custos de reflorestamento / receita líquida do projeto de MDL nas simulações para variações no adensamento de plantio, frequência de verificações e certificações, e existência ou não de adubação (R\$ 1000).

Evolução da frequência de verificações (primeira com 5 anos)	Adubação	Densidade de plantio				
		1,5m x 1,0m	2,0m x 1,5m	2,5m x 2,0m	3,0m x 2,0m	3,0m x 3,0m
1 ano	sim	-19.180/858	-12.491/213	-9.814/-46	-9.144/-110	-8.028/-219
1 ano	não	-13.110/985	-9.452/276	-7.988/-8	-7.622/-79	-7.012/-198
2 anos	sim	<b>-19.180/865</b>	<b>-12.491/248</b>	-9.814/-1	-9.144/-64	-8.028/-169
2 anos	não	<b>-13.110/992</b>	<b>-9.452/311</b>	-7.988/37	-7.622/-32	-7.012/-147
3 anos	sim	-19.180/841	-12.491/244	-9.814/4	<b>-9.144/-56</b>	-8.028/-157
3 anos	não	-13.110/968	-9.452/307	-7.988/43	<b>-7.622/-24</b>	-7.012/-135
4 anos	sim	-19.180/805	-12.491/229	-9.814/-1	-9.144/-59	<b>-8.028/-156</b>
4 anos	não	-13.110/932	-9.452/293	-7.988/37	-7.622/-27	<b>-7.012/-134</b>
5 anos	sim	-19.180/773	-12.491/216	-9.814/-7	-9.144/-63	-8.028/-156
5 anos	não	-13.110/900	-9.452/280	-7.988/31	-7.622/-31	-7.012/-134
6 anos	sim	-19.180/730	-12.491/185	-9.814/-19	-9.144/-72	-8.028/-162
6 anos	não	-13.110/857	-9.452/259	-7.988/19	-7.622/-40	-7.012/-141
7 anos	sim	-19.180/700	-12.491/181	-9.814/-27	-9.144/-78	-8.028/-166
7 anos	não	-13.110/827	-9.452/245	-7.988/12	-7.622/-46	-7.012/-144
8 anos	sim	-19.180/661	-12.491/162	-9.814/-38	-9.144/-88	-8.028/-172
8 anos	não	-13.110/788	-9.452/225	-7.988/	-7.622/-56	-7.012/-150
9 anos	sim	-19.180/622	-12.491/143	-9.814/-49	-9.144/-97	-8.028/-177
9 anos	não	-13.110/750	-9.452/207	-7.988/-10	-7.622/-65	-7.012/-155

<sup>19</sup> Sabe-se que se o plantio é devidamente adubado, além do maior crescimento das espécies, a mortalidade também é reduzida, porém é bastante difícil mensurar estes números para matas nativas, por este motivo, não se considera este segundo fato no modelo proposto.

10 anos	sim	-19.180/588	-12.491/126	-9.814/-59	-9.144/-105	-8.028/-183
10 anos	não	-13.110/715	-9.452/190	-7.988/-21	-7.622/-73	-7.012/-161

Fonte: Elaboração própria.

<sup>1</sup> os valores estão atualizados para o valor presente.

Os resultados sugerem, como esperado, que os custos de plantio mais baixos são os de pouca densidade (ex: 3,0m x 2,0m e 3,0m x 3,0m), e sempre sem adubação (os valores antes da barra nas células da Tabela 01 têm os mesmos totais porque a periodicidade das etapas do projeto de MDL não influi nos custos de plantio).

Ainda como esperado as maiores receitas líquidas do projeto de MDL (no prazo de 30 anos) ocorrem nos plantios mais adensados (ex: 1,5m x 1,0m e 2,0m x 1,5m).

Mas os fatos mais interessantes, e talvez não esperados, dizem respeito à adubação e a periodicidade das verificações / certificações. Ao contrário do que inicialmente se poderia esperar, a adubação prejudica a receita líquida do projeto de MDL. Isso sugere que, os vazamentos / fugas devido à aplicação de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), presente na fertilização direta com nitrogênio (N), resultam em maiores emissões de CO<sub>2</sub>e que a própria absorção através do incremento no crescimento da biomassa viva (e posteriormente morta e serrapilheira). Isso é verdade porque se por um lado a fertilização / adubação gera um incremento do ganho de biomassa, por outro, causa a emissão deste gás, que possui um razoável potencial de aquecimento global, devendo ser descreditado do estoque final de C.

Já com relação à periodicidade, os resultados também sugerem de forma bastante interessante que menores períodos podem ser mais atrativos que os maiores (ao contrário do que inicialmente poderia ser previsto). Isso ocorre porque apesar dos custos de transação relacionados às verificações aumentarem, uma vez que aumenta o número de vezes que são realizadas estas etapas, os de certificação não alteram substancialmente (podendo até diminuir), uma vez que estão relacionados à quantidade de CO<sub>2</sub>e a serem certificadas (ver equações 27 a 31 em Tenorio Jr, 2008). Além disso, é menos vantajoso certificar e receber os valores referentes às RCE's em períodos longos, onde um grande volume de créditos seria agrupado, e sujeito a uma maior desconto quando trazidos para o valor presente. Verifica-se então, segundo o modelo, que para plantios mais adensados a periodicidade mais vantajosa é de 2 em 2 anos, e para adensamentos menores de 3 em 3, ou 4 em 4 anos.

Em negrito estão os valores que chamam mais a atenção. Para o plantio em 1,5m x 1,0m, não adubado, e com periodicidade de 2 anos o projeto de MDL é viável no horizonte de 30 anos, e chega a pagar 7,56% dos custos do reflorestamento. Porém, por se tratar de um plantio bastante adensado os custos de reflorestamento são altíssimos (aproximadamente R\$ 13.110 mil). Caso este mesmo plantio seja adubado os custos de reflorestamento aumentam ainda mais, a receita líquida do projeto de MDL diminui, e a receita líquida de toda a atividade chegaria a R\$ -18.315 mil (a receita positiva do projeto de MDL pagaria apenas 4,51% do reflorestamento). Se o mesmo caso for sujeito a uma periodicidade baixa de 10 anos, por exemplo, o valor total líquido MDL deve chegar a R\$ -18.592 mil, mostrando um menor desempenho.

No outro extremo da matriz encontra-se a situação onde o plantio é muito pouco adensado (3,0m x 3,0m), não adubado, e com periodicidade de 4 anos, refletindo os melhores valores globais para o reflorestamento somado ao projeto de MDL (R\$ -7.146 mil, e R\$ -8.184 mil com adubação). O que se deve exclusivamente a grande diminuição dos custos de reflorestamento, uma vez que a receita líquida obtida com as RCE's é negativa neste caso.

Tudo isso sugere que o projeto de MDL é tão mais viável quanto maior for o adensamento do plantio, porém são exatamente estes os de reflorestamento mais custosos, tanto em sua implementação quanto em sua manutenção.

Para aprofundar essa análise é importante atentar que dificilmente os plantios de matas ciliares (a não ser quando o objetivo principal for a contenção rápida de erosões) serão muito adensados, devido os altos custos. Da mesma forma se for muito pouco adensado aumentam os riscos de insucesso do plantio e o tempo de sucessão das espécies. Bem como, focar a análise com periodicidades de verificação / certificação em que o projeto de MDL é mais viável.

Portanto, a análise mais detalhada dos resultados obtidos com este modelo será focada em situações mais plausíveis de utilização real. Ou seja, plantios com densidade de média a baixa, e com periodicidades medianas a baixas. A **Tabela 02** mostra os resultados destas simulações: I - 2,0m x 1,5m, de 2 em 2 anos, com e sem adubação; II - 3,0m x 2,0m, de 3 em 3 anos, com e sem adubação.

**Tabela 02:** Estimativa geral dos custos e benefícios<sup>1</sup> do reflorestamento com horizonte de 30 anos, para simulações do estudo de caso I (R\$).

Valor presente	Plantio 2,0m x 1,5m; 2 anos		Plantio 3,0m x 2,0m; 3 anos	
	Com adubação	Sem adubação	Com adubação	Sem adubação
Custos de equipamentos	-11.663	-11.663	-11.663	-11.663
Custos de implementação	-4.845.197	-4.845.197	-3.015.062	-3.015.062
Custos de manutenção	-7.634.053	-4.595.601	-6.117.427	-4.595.601
<i>Custo do reflorestamento</i>	<i>-12.490.913</i>	<i>-9.452.461</i>	<i>-9.144.152</i>	<i>-7.622.326</i>
Custos de transação MDL	-525.941	-534.076	-441.301	-445.329
Receita com as RCE's	773.514	845.203	385.593	421.552
<i>Receita líquida MDL</i>	<i>247.574</i>	<i>311.128</i>	<i>-55.708</i>	<i>-23.777</i>
<b>Receita líquida total</b>	<b>-12.243.339</b>	<b>-9.141.333</b>	<b>-9.199.860</b>	<b>-7.646.102</b>

Fonte: Elaboração própria.

<sup>1</sup> os valores estão atualizados para o valor presente.

Segundo estas simulações:

- Os custos com equipamentos mantêm-se constantes como esperado;
- Os custos de implementação são 60,7% superiores quando o plantio é mais denso, devido ao maior número de covas e mudas;
- Os custos de manutenção são claramente maiores quando o plantio é adensado, e quando existe adubação.
- Como as demais variáveis de manutenção são dadas em área, os custos de manutenção não variam (segundo o modelo) com a densidade de plantio;
- Os custos de transação são maiores quando o volume de créditos gerado é maior, isso se deve aos custos de característica variável como o registro e as certificações.
- Para as simulações com adubação, a receita líquida do projeto de MDL é sempre menor, o que confirma a captação deste modelo de uma emissão de N<sub>2</sub>O, medida em CO<sub>2</sub>e, maior que o incremento sobre o crescimento das árvores vivas (posteriormente mortas e serrapilheira) devido à própria adubação (considerando o fator de 15% de aumento no crescimento, segundo Ferreira (2007), adaptado do caso dos eucalyptus).
- A receita com as vendas das RCE's é superior quando o adensamento é maior, entretanto, diminui com a aplicação da adubação.

Diante deste quadro, surge uma questão sobre a qual vale a pena questionar: A adubação realmente reduz os ganhos financeiros decorrentes das vendas de RCE's?

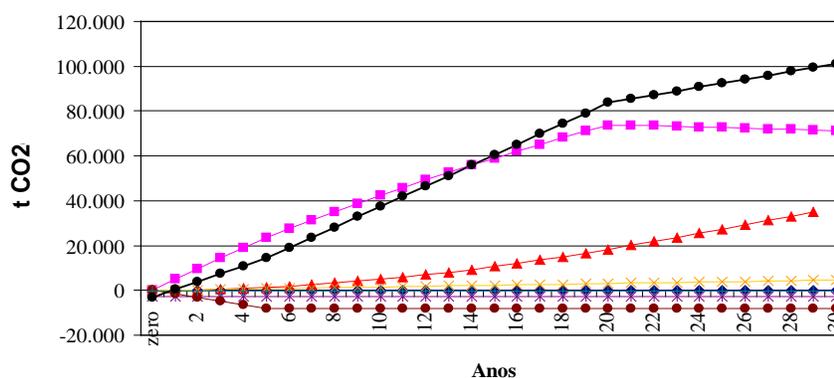
Como a absorção de carbono, medida em CO<sub>2</sub>e, é o resultado da soma de várias parcelas de incremento de estoque, com outras de decréscimo deste estoque, além das emissões causadas em detrimento da atividade de projeto, basta analisar os valores de variação deste estoque e as emissões devidas ao N<sub>2</sub>O emitido através da adubação com aplicação direta de N (nitrogênio). Se o incremento do estoque é dado pela diferença entre os incrementos do mesmo com e sem adubação, então basta comparar este valor com as emissões de N<sub>2</sub>O devido à adubação.

Para o adubo e o composto<sup>20</sup> utilizados como entrada, além da mesma frequência e período de adubação, e considerando o modelo de plantio 3,0m x 2,0m (devido ao seu menor custo), o incremento do estoque de carbono é aumentado em 618 t CO<sub>2</sub>e para cada um dos 5 anos de aplicação<sup>21</sup>, porém as emissões de N<sub>2</sub>O representam 1.617 t CO<sub>2</sub>e por ano, o que inviabilizaria, do ponto de vista da geração futura de RCE's, a aplicação de fertilizantes sintéticos e orgânicos no reflorestamento ciliar. Somado a isso está o grande acréscimo dos custos de manutenção, que para esta situação simulada, foi de R\$ -1.521.826. Vale lembrar que esta é uma análise financeira, e que não contempla aspectos bióticos de difícil mensuração, como por exemplo, a mortalidade na ausência de adubação e os aspectos nutricionais do solo. Ou seja, é bastante possível que seja necessária a adubação independentemente dos aspectos financeiros relacionados ao projeto.

Outro ponto fundamental diz respeito ao adensamento de plantio. O fato dos custos aumentarem quando o adensamento é maior, comprova a hipótese de que os créditos de carbono, em específico as RCE's, não pagam as atividades de reflorestamento de matas nativas ciliares. Isso também é reforçado pelas receitas líquidas totais de todas as quatro simulações. De qualquer forma, questões técnicas como a velocidade com que o plantio se estrutura devem ser levadas em consideração. Um exemplo é o reflorestamento ciliar de áreas degradadas com a finalidade de conter processos erosivos.

Os resultados sugerem que a atividade de projeto de MDL se paga no plantio de 2,0m x 1,5m e ainda permite o financiamento de praticamente 1,98% do plantio com adubação e 3,29% quando sem adubação. Porém para o plantio de 3,0m x 2,0m, neste estudo de caso, o projeto de MDL não seria viável do ponto de vista financeiro. Para compreender bem a evolução dos custos e das receitas, foi analisada a situação mais plausível de ocorrência, onde o plantio é menos adensado (com menor custo) e com adubação, visto que normalmente é necessária.

A Figura 04 mostra a evolução dos componentes do estoque de carbono durante o período de validade do projeto (30 anos), e serve como um indicador dos sub-estoques, e das emissões por fontes mais relevantes para a geração de créditos.



<sup>20</sup> O adubo sintético NPK 18-10-20, e o composto com uma proporção de 0,3% de nitrogênio, foram as referências para o cálculo da quantidade de N aplicada, por adubação.

<sup>21</sup> O modelo desconsidera prováveis alterações no crescimento das espécies durante os anos subsequentes à aplicação dos fertilizantes.

**Figura 04:** Evolução do estoque de carbono durante a validade do projeto de MDL (t CO<sub>2</sub> e).

Fonte: Elaboração própria.

Nota-se que o estoque de carbono concentra-se principalmente nas árvores vivas, seguido pela madeira morta (com a taxa de mortalidade utilizada de 1,77% ao ano). A serrapilheira, por sua vez, não concentra um grande estoque, pois o incremento líquido é pequeno (0,3 t CO<sub>2</sub>e / ha / ano), uma vez que se trata de um tipo florestal tropical relativamente úmido e quente, proporcionando uma elevada taxa de decomposição.

Já as emissões por fontes aparecem como as principais causadoras de um decréscimo do estoque líquido, principalmente por conta das emissões de N<sub>2</sub>O, as quais aumentam até o quinto ano (último ano de adubação). Percebe-se que após este período a evolução das emissões por fontes permanece quase inalterada, revelando uma pequena participação das emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis.

Retornando à análise de custo benefício, a Tabela 03 mostra separadamente a evolução dos custos e da receita devida à acumulação do estoque de carbono para a situação em questão.

**Tabela 03:** Fluxo dos custos (em valor presente) e da receita para o plantio 3,0m x 2,0m e adubado, com periodicidade de 3 anos (R\$)<sup>1</sup>.

Ano	Reflorestamento			Projeto de MDL			Total
	Custos de equipamentos	Custos de implementação	Custo de manutenção	Custos de transação MDL	Receita com venda das RCE's	Receita líquida do projeto de MDL	Receita líquida total
zero	-11.663	-3.015.062		-208.197		-208.197	-3.234.921
1			-1.284.280	-14.358		-14.358	-1.298.638
2			-1.190.023	-13.242		-13.242	-1.203.265
3			-1.016.859	-12.212		-12.212	-1.029.071
4			-942.229	-11.263		-11.263	-953.491
5			-873.076	-34.409	105.566	71.157	-801.919
6			-420.927	-9.579		-9.579	-430.506
7			-390.034	-8.835		-8.835	-398.868
8				-18.135	78.187	60.052	60.052
9				-7.514		-7.514	-7.514
10				-6.930		-6.930	-6.930
11				-14.231	61.663	47.432	47.432
12				-5.894		-5.894	-5.894
13				-5.436		-5.436	-5.436
14				-11.168	48.660	37.492	37.492
15				-4.624		-4.624	-4.624
16				-4.264		-4.264	-4.264
17				-8.763	38.342	29.579	29.579
18				-3.627		-3.627	-3.627
19				-3.345		-3.345	-3.345

20				-6.876	30.211	23.335	23.335
21				-2.845		-2.845	-2.845
22				-2.624		-2.624	-2.624
23				-5.165	8.837	3.672	3.672
24				-2.232		-2.232	-2.232
25				-2.058		-2.058	-2.058
26				-4.052	6.959	2.907	2.907
27				-1.751		-1.751	-1.751
28				-1.615		-1.615	-1.615
29				-3.179	5.480	2.301	2.301
30				-2.880	1.689	-1.191	-1.191
<b>Soma</b>	<b>-11.663</b>	<b>-3.015.062</b>	<b>-6.117.427</b>	<b>-441.301</b>	<b>385.593</b>	<b>-55.708</b>	<b>-9.199.860</b>

Fonte: Elaboração própria.

<sup>1</sup> os valores estão atualizados para o valor presente.

Por fim, observa-se que as receitas provenientes das vendas de RCE's são contabilizadas a cada período de 3 anos a partir de um primeiro período (primeira verificação e primeira certificação) de 5 anos, adotado porque nos primeiros anos a absorção de CO<sub>2</sub> pelos sumidouros ainda não funciona com taxas elevadas<sup>22</sup>.

#### 4. CONCLUSÕES

Mesmo diante de um cenário que pode ser favorável (a depender dos valores dos parâmetros e variáveis), para o horizonte de 30 anos, a implementação de atividades de projeto de MDL e sua venda de RCE's florestais ainda são bastante discutidos, pois se trata de um volume de carbono estocado, e não apresenta garantias de que continuará assim após o período de monitoramento da atividade, o que imprime uma característica de crédito temporário para estas RCE's geradas.

Por outro lado, é uma das poucas formas de se “reverter” e não apenas “diminuir a tendência” de crescimento do volume de GEE's na atmosfera. Além disso, se os reflorestamentos de matas nativas forem executados respeitando-se os aspectos naturais e bióticos da região, os ganhos relacionados ao desenvolvimento sustentável local, requerido pelo MDL, não apenas serão levados a esta comunidade, mas à fauna terrestre existente, e no caso específico de matas ciliares, para a fauna aquática, e boa parte das comunidades a jusante do ponto de recuperação, com a melhoria da quantidade e qualidade da água. Consiste-se então, em uma tentativa de recompor algo que nunca deveria ter sido extraído, e que é fundamental para o equilíbrio ecológico e sócio-econômico local.

Sendo assim, a hipótese inicial de que a receita gerada pelas RCE's poderia ajudar a financiar parte das ações de reflorestamento de matas ciliares não foi comprovada para este estudo de caso do Rio Mundaú. Porém poderia ocorrer se a densidade de plantio fosse mais alta, ou se a área a ser plantada fosse maior (entre outras variáveis que podem ser alteradas e simuladas neste modelo), pois acarretaria uma receita líquida do projeto de MDL positiva, dada a

<sup>22</sup> Essa tendência não é captada pelo modelo, que possui apenas duas taxas fixas de crescimento das espécies. A primeira até 20 anos e a segunda de 20 a 30 anos. Mas é sabido que na realidade as tendências não são lineares, e começam com taxas marginais de incremento da biomassa crescentes passando a serem decrescentes em anos mais elevados. Vale também lembrar que as metodologias de cálculo, e os dados disponibilizados no GPGLULUCF não consideram este aspecto real.

diluição dos custos fixos de transação. Isto necessita da aceitação da premissa de que o mercado de carbono baseado em projetos (como é o caso da negociação de RCE's) continuará regido por normas parecidas com as atuais de Quioto para todo o horizonte de projeto. Ou que a área seja tão grande ao ponto de que a receita líquida do projeto de MDL seja positiva no próprio período de comprometimento (2008-2012), com a inclusão das áreas ciliares de seus afluentes, por exemplo.

Além disso, vale lembrar todos os ganhos externos que um projeto como este pode proporcionar (além dos ambientais já exaustivamente abordados) como ganhos de imagem, status, e quem sabe facilidade em linhas de financiamento e crédito dentro em breve, entre outros.

## REFERÊNCIAS

ANA. *Mapa de Vegetação e Uso do Solo na Região do Complexo Estuário Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM), em R3 - Relatório de Análise dos Benefícios Sócio-econômicos do Plano de Ações e Cenários Futuros*. Superinten. de Planejamento de Recursos Hídricos, Brasília, 2005.

CARLSON, G. A.; ZILBERMAN, D.; MIRANOWSKI, J. A. *Agricultural and Environmental Resource Economics*. Oxford University Press, New York, pp. 45 – 47, 1993.

FERREIRA. *Ganhos de produtividade de plantações clonais de Eucalyptus urophylla e suas correlações com variáveis edafoclimáticas e silviculturais*. (Dissert. de Mest.) Esalq / USP, 2007.

IPCC - International Panel on Climate Change. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry – GPGULUCF*. IPCC, cap.03, 2007. Em <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>, consultado em Março de 2007.

LIMA, W. P. & ZAKIA, M. J. B. *Hidrologia de Matas Ciliares*. Matas Ciliares: Conservação e Recuperação. Editores: Ricardo Ribeiro Rodrigues, Hermógenes de Freitas Leitão Filho. – 2. ed. 1. reimpr. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, Fapesp, 2004.

MARTINS S. V. *Recuperação de Matas Ciliares*. Editora Aprenda Fácil, B.H., 143 p., 2001.

NAE (A). *Mudança do Clima Vol. 1*. Cadernos NAE N°03, Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Brasília, pp. 21-145, 2005.

NAE (B). *Mudança do Clima Vol. 2*. Cadernos NAE N°04, Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Brasília, 500 p., 2005.

PINDYCK, R. S. & RUBINFELD, D. L. *Microeconomia*. Editora Prentice Hall, São Paulo, pp. 535 – 551, 2002.

RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. *Matas Ciliares - Conservação e Uso*. EDUSP, São Paulo, 320 p., 2004.

STOWELL D. *Climate Trading: Development of Greenhouse Gas Markets*. 1<sup>th</sup> ed. Palgrave Macmillan, 246 p., 2005.

TENORIO JR, A. J. A. *Modelo Interativo de Viabilidade Econômica de Reflorestamento Ciliar com Benefício Gerado pela Venda de Créditos de Carbono*:

*Estudos de Caso da Mata Atlântica Alagoana.* (Dissertação de mestrado) – Programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco – PIMES/UFPE, 2008.

THE WORLD BANK. *State and Trends of the Carbon Market 2007.* World Bank Institute – IETA, Washington D.C., pp. 15-40, 2007.

UNFCCC/CCNUCC. *AR-AM0007 Afforestation and Reforestation of Land Currently Under Agricultural or Pastoral Use.* CDM Executive Board, UNFCCC/CCNUCC. <http://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies>, 103 p., 2007.