

**ESTIMATIVA DE SEQUESTRO DE CARBONO EM ÁREAS DE  
REFLORESTAMENTO UTILIZANDO *Eucalyptus saligna*, SMITH (MYRTALES:  
MYRTACEAE) NA CIDADE DE OURINHOS - SP**

**ESTIMATIVE FROM CARBON SEQUESTRATION IN AREAS OF  
REFORESTATION USING *Eucalyptus saligna*, SMITH (MYRTALES:  
MYRTACEAE) ON OURINHOS CITY - SP**

<sup>1</sup>NASCIMENTO, G.M.L.; <sup>2</sup>OLIVEIRA, M.R.; <sup>2</sup>SILVA, A.L.G. <sup>3</sup>FRANCISCO, O.

<sup>1</sup>Especialista em Gestão Ambiental formado pelas Faculdades Integradas de Ourinhos / FEMM

<sup>2</sup>Graduada em Ciências Biológicas pelas Faculdades Integradas de Ourinhos / FEMM

<sup>3</sup>Professor Doutor do Departamento de Pós Graduação das Faculdades Integradas de Ourinhos / FEMM

**RESUMO**

Um dos grande problemas da atualidade moderna é como manter os níveis de desenvolvimento mundial minimizando as agressões à natureza, onde a principal questão levantada através de diversos encontros internacionais ao longo das três últimas décadas é o aquecimento global devido à ação antrópica, sendo que graças à mecanismos criados no Protocolo de Kyoto foi possível extrapolar os benefícios do reflorestamento e, após efetuar o levantamento da área destinadas a tais fins na cidade objeto deste estudo pela da quantificação de árvores plantadas por hectares e estimando a quantidade de carbono que cada árvore de *Eucalyptus saligna* Smith (Myrtales: Myrtaceae) absorve em seu ciclo natural, estima-se que mediante o quadro demonstrado, a taxa de carbono retirado da atmosfera nas áreas de reflorestamento nesta cidade, com árvores atualmente com 05 anos de idade, ao final de seu sexto ano, seja de 133.320 kg de carbono por hectare, somando aproximadamente 37.330 toneladas em seu total, o que equivale à liberação de 15.554 automóveis com motor de 1.000 cilindradas, suficiente para sanar cerca de 34,5% da frota municipal de Ourinhos-SP.

Palavras-chave: Protocolo de Kyoto, reflorestamento, *Eucalyptus saligna*, carbono, automóveis.

**ABSTRACT**

One of the biggest modern problems is how to maintain the levels of global development, minimizing the assault on nature, where the main issue raised by several international meetings over the last three decades is global warming due to human action, and by mechanisms established under the Kyoto Protocol was possible to extrapolate the benefits of reforestation and after making the lifting of the reforestation area in the city object of this study, through the quantification of trees planted by hectares and estimating the amount of carbon that each tree of *Eucalyptus saligna* Smith (Myrtales: Myrtaceae) absorbs in their natural cycle, it is estimated that through the framework established, the rate of carbon from the atmosphere in the areas of reforestation in this town, with trees currently has 05 years of age, in the end of its sixth year, is 133.320 kg of carbon per hectare, totaling approximately 37.330 tons in its total, that's equivalent to the release of 15.554 cars with motor of 1.000 engine capacity, enough to heal about 34,5% of the municipal fleet of Ourinhos City-SP.

Keywords: Kyoto Protocol, reforestation, *Eucalyptus saligna*, carbon, automobile.

**INTRODUÇÃO**

Com o advento do aquecimento global e o interesse da sociedade pelas consequências deste, vem crescendo atualmente uma vertente que foi

proposta há alguns anos, em decorrência aos vários encontros, como a *Toronto Conference on the Changing Atmosphere*, no Canadá (outubro de 1988), seguida pelo *IPCC's First Assessment Report* em Sundsvall, Suécia (agosto de 1990), a Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudanças Climáticas (CQNUMC, ou UNFCCC em inglês) na ECO-92 no Rio de Janeiro, Brasil (junho de 1992) e posteriormente, peça-chave na Conferência de Kyoto em 1997 sendo que as partes reuniram-se regularmente em outros encontros (Buenos Aires - 98, Bonn - 99, Haia - 2000 e Bonn - 2001), onde estabeleceu-se e regulamentou-se o Protocolo de Kyoto, com o intuito da redução da emissão de gases que contribuem para o aumento do efeito estufa, em vigor desde novembro de 2004.

Segundo Vernier (2006), o Protocolo de Kyoto instituiu três instrumentos econômicos, denominados mecanismos de flexibilidade: o comércio internacional de emissões, a implementação conjunta e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). O objetivo destes mecanismos é permitir que os países que têm maiores emissões e onde os custos de redução são altos, possam cumprir suas responsabilidades investindo em projetos de redução em outros países, onde o custo dessa redução é mais baixo.

Já em Sanqueta (2002), ratificou-se que em seu regulamento, o Protocolo de Kyoto cria o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), visando a redução das emissões de gases do efeito estufa pela atividade antrópica. Os MDLs são projetos entre os países desenvolvidos com compromisso de redução de emissões e os países em desenvolvimento, sem compromissos de emissão. Entre tais atividades, estão o aumento da eficiência energética, o uso de fontes renováveis de energia e os projetos de florestamento e reflorestamento. Contudo, o pagamento dos créditos carbono para projetos de florestamento e reflorestamento depende da quantificação das taxas de fixação de carbono em cada tipo de projeto.

Nobre (2007), explica que uma das atitudes mais danosas que o homem tem tomado para agravar o problema do aquecimento global é, sem dúvida, a queima de hidrocarbonetos, liberando CO<sub>2</sub> – o gás carbônico. A responsabilidade das indústrias, sobretudo a partir de 1850 (advento da Revolução Industrial) é grande neste quesito, com um aumento de 36% na concentração de CO<sub>2</sub> no último século. Os produtos e processos industriais utilizam derivados do petróleo (combustível fóssil), como a gasolina nos carros e em outros meios de transporte. Gases não-naturais que têm ação no efeito estufa, como é o caso do CFCs

(clorofluorcarbonetos) – largamente utilizados na refrigeração e em aerossóis no século passado – também são resultado da atividade industrial.

De acordo com Dajoz (2005), através de métodos de mitigação e controle de tais emissões, surgiram termos como “sequestro de carbono”, “créditos de carbono ou ainda, redução certificada de emissões”. Quanto ao “sequestro”, existem diversas modalidades, sendo que, neste trabalho será discutida aquela referente ao ciclo natural do carbono, onde através da remoção do CO<sub>2</sub> da atmosfera pela vegetação, a molécula incorpora-se junto à biomassa do vegetal.

O ciclo do carbono realizado pela vegetação (figura 1), de acordo com Dashefsky (1997), se inicia a partir do momento em que as plantas absorvem o gás carbônico da atmosfera e o utilizam na fotossíntese, incorporando-o às suas moléculas, tornando-se então, parte de sua biomassa. O carbono então passa para o próximo nível trófico quando os animais herbívoros ingerem as plantas e absorvem parte do carbono incorporado na forma de açúcares. Diz-se “parte” devido ao fato de que apenas uma parcela do carbono fotossintetizado pelas plantas será absorvido pelos organismos decompositores, ou ainda, devolvido diretamente à atmosfera como no caso de uma queimada.

Em Pimentel (1998), é mostrada a existência de duas vias metabólicas de assimilação do CO<sub>2</sub> atmosférico, que são as vias fotossintéticas C3 e C4, porém a via C3 é a única via metabólica para produção de carboidratos, tanto para as plantas C3, quanto para as plantas C4. A via fotossintética C3, inicia-se pela assimilação do CO<sub>2</sub>, sendo que esta via tem como primeiro produto estável um ácido orgânico com três carbonos, por isso o nome de via C3. Já a via fotossintética C4 tem um ácido orgânico de quatro carbonos como primeiro composto. O oxaloacetato é transformado em malato ou aspartato, migrando em seguida para a bainha perivascular, onde é descarboxilado, liberando CO<sub>2</sub> e um ácido orgânico de 3 carbonos, que retorna ao mesófilo para regeneração do substrato da carboxilação primária. A via C4 é fundamentalmente um mecanismo de concentração de CO<sub>2</sub> na bainha perivascular, promovendo o aumento da concentração deste substrato para a enzima rubisco, favorecendo a via C3. Estes açúcares formados auxiliarão no fornecimento de energias para o vegetal.

Ao ser ingerido pelos animais herbívoros o carbono será devolvido à atmosfera através da respiração ou, também, através da decomposição desses

organismos. Esse gás é o maior contribuinte para o aumento do efeito estufa. (SILVA-JÚNIOR; SASSON, 1998).

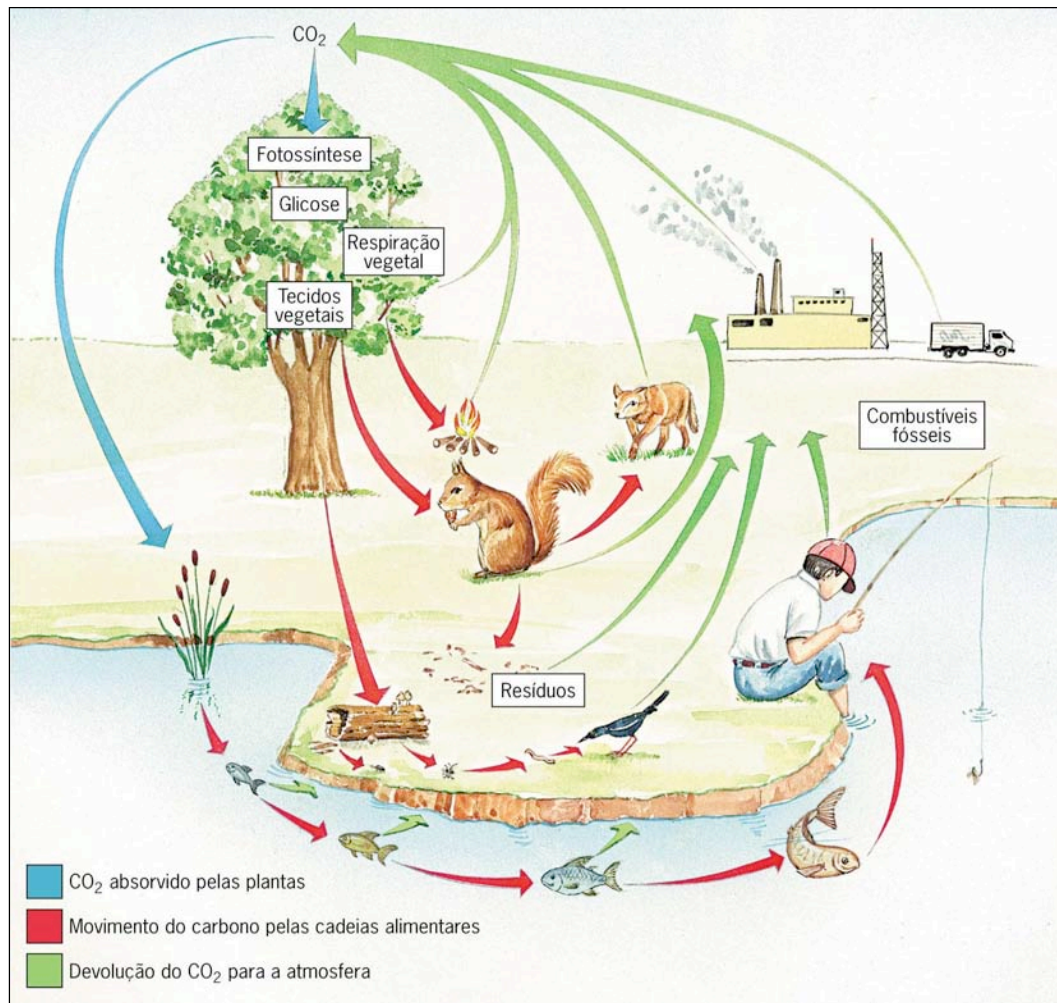


Figura 1. Esquematização do Ciclo do carbono, onde as setas azuis representam a captura do carbono na atmosfera por parte dos vegetais; setas vermelhas representam a passagem do carbono nos níveis tróficos da cadeia alimentar; setas verdes representam liberação de carbono na atmosfera. Fonte: Silva-Junior, Sasson (1998).

Em Burnie (1997), explica-se que o efeito estufa é um fenômeno vital para a manutenção e estabilidade da temperatura na superfície terrestre. A radiação solar, atravessa a atmosfera, que lhe é transparente, e alcança o solo em grande quantidade. Parte dessa radiação é refletida pela superfície e devolvida ao espaço, e outra parte, absorvida (figura 2). A radiação absorvida contribui para aquecer a superfície da Terra. Essa radiação não é, entretanto, totalmente devolvida ao espaço. Boa parte dela é absorvida pelos gases estufa, concentrados nas camadas baixas da atmosfera. Isso faz com que esses gases se aqueçam e com eles se aqueça a atmosfera. Os gases estufa funcionam como um "filtro" que deixa passar a luz solar mas não a radiação infravermelha, aquecendo a região próxima à

superfície terrestre a uma temperatura adequada à formação da vida. Este aquecimento devido aos gases estufa, é chamado "efeito estufa". Assim, nas regiões tropicais a temperatura média junto à superfície da Terra é de 30°C, enquanto, 10 km acima da superfície, a temperatura desce para cerca de -70°C. Esse é um processo que existe em nosso planeta há milhões de anos.

Conforme Gralla (1998), a intensidade do efeito estufa depende das concentrações dos gases estufa. Uma concentração baixa implica em uma superfície mais fria; um aumento da concentração, no seu aquecimento. Um aquecimento da Terra de poucos graus teria consequências catastróficas, como a elevação do nível dos oceanos devido à sua expansão térmica e o derretimento de gelo nas calotas polares e nas geleiras, submergindo parte das cidades costeiras.

Desde a década de 1980 existem evidências conclusivas de que a concentração dos gases estufas vem aumentando, em grande parte por causa das atividades industriais e de artefatos tecnológicos como automóveis - mas também por causa de queimadas em florestas. (CORSON, 1996).

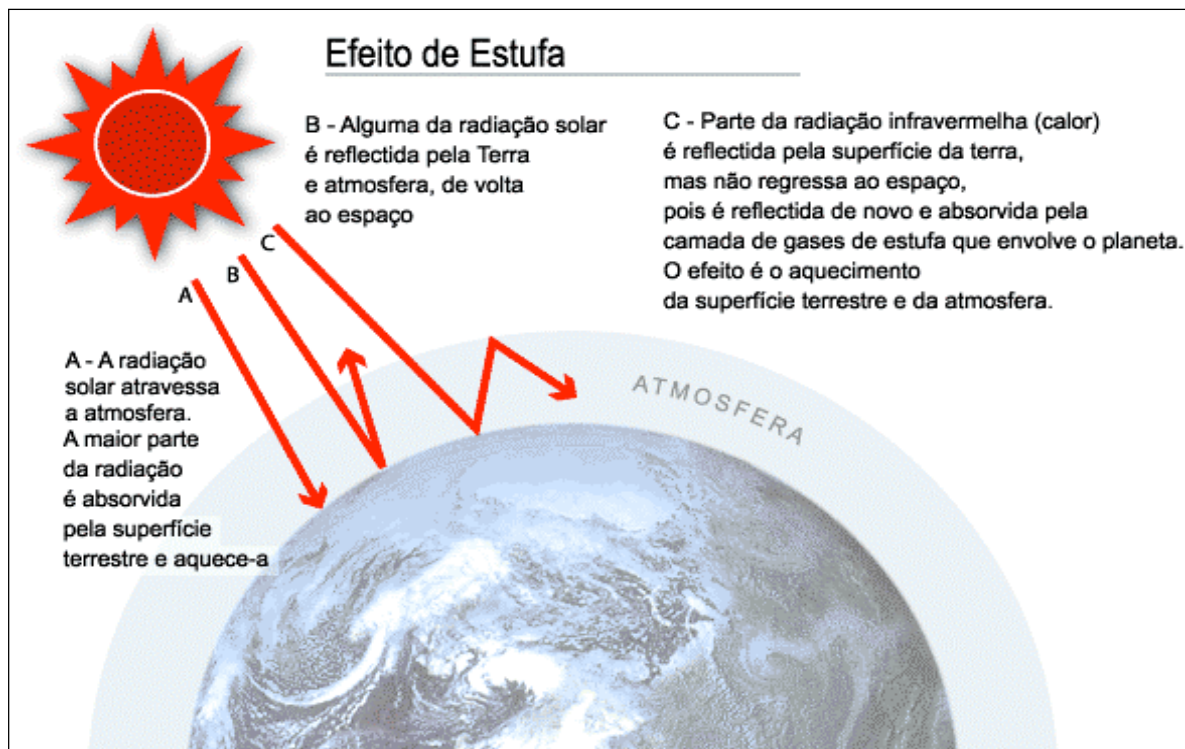


Figura 2. Representação do efeito estufa, onde as setas vermelhas indicam a penetração dos raios solares na atmosfera terrestre, sua reflexão ao espaço e sua atmosférica. Fonte: Carvalho (2002).

Isto posto, o presente trabalho tem como objetivo aplicar os conhecimentos referentes à captura de carbono na biomassa de *Eucalyptus saligna* em áreas de reflorestamento na região de Ourinhos – SP (figura 3), verificando se há uma

correlação entre a quantidade de espécimes plantadas e a quantidade de carbono estimada a ser absorvida da atmosfera, além de sua possível transformação em desses valores em *commodities* (crédito de carbono), através de estudos e de experimentos realizados *in locus*.

*A priori*, não serão abordadas questões dos méritos ou deméritos de tal modalidade, como as correntes que defendem que este é o único método de desenvolvimento sem agredir a natureza, esquecendo-se preceitos como a redução; ou como as que defendem que crédito de carbono nada mais é do que uma “licença para poluir”, esquecendo-se das cotas a que cada país tem direito.



Figura 3. Imagem aérea da cidade de Ourinhos – SP capturada por satélite, demonstrando com setas, as áreas de reflorestamento com *Eucalyptus saligna*. Fonte: Google Earth v5.2 (2009).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Tendo como base a utilização da metodologia aplicada em Soares e Oliveira (2002) para a quantificação de carbono presentes nas partes aéreas dos vegetais, visando a grande expansão da área de reflorestamento na cidade de Ourinhos-SP, foram realizados levantamentos do total estimado de espécies cultivadas por

hectares, dados estes coletados através de entrevista com um vereador da cidade, assim como na Secretaria Municipal de Meio Ambiente e no Escritório de Desenvolvimento Rural de Ourinhos, filiado à Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) e dados sobre a frota de veículos desta cidade na 22ª Circunscrição Regional de Trânsito (CIRETRAN) – pólo de Ourinhos e na Coordenadoria de Trânsito e Transportes da Prefeitura Municipal de Ourinhos.

Extrapolando a taxa de retenção de carbono por espécime, o total de árvores plantadas, a área reflorestada (em hectares), pode-se assim, estimar a provável contribuição destas áreas para a redução desses gases na atmosfera e sua relevância na absorção dos gases emitidos por veículos automotores.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do ponto de vista prático, a determinação da quantidade de carbono a ser seqüestrada depende da variável biomassa, a qual, segundo Corte *et al.* (2002) precisa ser estimada de forma fidedigna, caso contrário não haverá consistência na quantificação do carbono fixado nos ecossistemas florestais.

A partir da análise desses dados, a área cultivada em reflorestamento citada neste trabalho, com 5 anos de existência, é de aproximadamente 280 hectares. A quantidade de árvores de *Eucalyptus saligna* plantadas por hectare (10.000 m<sup>2</sup>) é de 2.222 árvores (figura 4). Conforme Soares e Oliveira (2002), uma árvore desta espécie, de 6 anos, acumula um total aproximado de 60 kg de carbono.

As árvores objetos deste estudo, têm 5 anos de plantio. Destaca-se aqui que esta quantidade capturada pode variar em até 10%, de acordo com a precipitação anual, (CORTE *et al.*, 2004). Sendo assim, extrapolam-se estes dados para a idade-alvo de 6 anos, evidenciado a seguir.

Utilizando a fórmula proposta por Soares e Oliveira (2002), referente à quantidade de carbono obtida nas diferentes partes do vegetal ao decorrer de seu desenvolvimento, estima-se que nas áreas de reflorestamento utilizando *Eucalyptus saligna* na cidade de Ourinhos-SP, quando os espécimes estiverem com 6 anos de idade, capturarão da atmosfera um valor de aproximadamente 133.320 kg de carbono por hectare, somando 37.330 toneladas em seu total.

Isso trará grande benefício ao ciclo natural do carbono, não cabendo aqui discussões sobre os benefícios ou malefícios da cultura do eucalipto para o solo ou

outros fatores biogeoquímicos, onde este trabalho em questão tem somente como objeto o estudo do sequestro de carbono.



Figura 4. Área de reflorestamento utilizando *Eucalyptus saligna* na cidade de Ourinhos, SP. A disposição das fileiras e o espaçamento entre as plantas são fundamentais para o cálculo da quantidade de espécimes por hectare. Fonte: Nascimento (2009).

Em cálculos estimativos baseados na metodologia do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) e de dados da Agência Nacional de Petróleo (ANP), um automóvel popular, de 1.000 cilindradas, que roda em média 15 mil quilômetros por ano emite aproximadamente 2.400 quilos de dióxido de carbono na atmosfera, uma quantidade de carbono equivalente à absorvida pelo processo de fotossíntese por 40 árvores plantadas nas áreas de reflorestamento citadas neste trabalho.

De acordo com consultas realizadas junto à 22<sup>a</sup> Circunscrição Regional de Trânsito (CIRETRAN) – pólo de Ourinhos e à Coordenadoria de Trânsito e Transportes da Prefeitura Municipal de Ourinhos, a frota de veículos nesta cidade é de aproximadamente 45.000 automóveis. Isso posto, fica demonstrado que a plantação de eucalipto na cidade de Ourinhos será capaz de, quando ao seu sexto ano, suplantará a taxa de emissão de uma frota total de 15.554 automóveis com motor de 1.000 cilindradas.



Em uma cidade do porte de Ourinhos, isso significaria uma melhora significativa na qualidade do clima, já que estaria suplantando cerca de 34,5% das emissões de gases nocivos na atmosfera por parte da frota automobilística

## CONCLUSÃO

Apesar de toda polêmica acerca do reflorestamento utilizando-se espécies variadas de eucalipto, esta modalidade pode tornar-se um auxílio à redução dos problemas ocasionados pela emissão dos gases relacionados ao efeito estufa, minimizando desta forma, a ação antrópica frente ao aquecimento global.

## REFERÊNCIAS

- BURNIE, D. **Dicionário temático de biologia**. São Paulo: Scipione. 192 p., 1997.
- CARVALHO, W. **Biologia em foco**. São Paulo: FTD, 348 p., 2002
- CORSON, W. H. **Manual global de ecologia: O que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente**. 2ª ed. São Paulo: Augustus, 412 p. 1996.
- CORTE, A. P. D.; MACHADO, S. A.; MAESTRI, R.; SANQUETTA, C. R.; SCOLFORO, J. R. S. Viabilidade de um projeto florestal de *Eucalyptus grandis* considerando o sequestro de carbono. Curitiba: **Floresta** 34(3), Set/Dez., p. 347-360, 2004.
- DAJOZ, R. **Princípios de Ecologia**. 7º ed. Porto Alegre: Artmed, 519 p., 2005.
- DASHEFSKY, H. S. **Dicionário de ciência ambiental: Guia de A a Z**. São Paulo: Gaia, 318 p., 1997.
- GOOGLEEARTHSETUP.EXE. **Google Earth**. Versão 5.2, CD-Rom. Requisitos mínimos: processador 500 MHz, 256 MB de memória RAM, 400 MB de espaço em disco, placa de vídeo 3D com 16 MB, resolução de 1024 x 768 e conexão à internet em banda larga. Google, 2009.
- GRALLA, P. **Como funciona o meio ambiente**. São Paulo: Quark Books, 218 p., 1998.
- NASCIMENTO, G.M.L. **Área de reflorestamento utilizando *Eucalyptus saligna* na cidade de Ourinhos, SP**. Ourinhos, 1 fot., color., 2009.
- NOBRE, C. A. **Alterações climáticas globais e suas implicações para o Brasil**. Ministério da Cultura: Fundação Biblioteca Nacional, 257 p., 2007.
- PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Rio de Janeiro: Seropédica, 159 p., 1998.
- SANQUETA, C.R. **As florestas e o carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 265 p., 2002.

SILVA-JUNIOR, C.; SASSON, S. **Biologia**. São Paulo: Saraiva, 316 p., 1998.  
SOARES; C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. Viçosa: **Sociedade de Investigações Florestais - Revista Árvore**, v.26, n.5, p.533-539, 2002.

VERNIER, J. **O meio ambiente**. 8ª ed. Campinas: Papirus, 136 p., 2006.