



XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil

CARBONO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Vanderlise Giongo
Embrapa Semiárido

O SEMIÁRIDO E O BIOMA CAATINGA

O Nordeste brasileiro abrange uma área de 1,54 milhões km², que corresponde a 18% do território nacional e abriga 44,8 milhões de habitantes, os quais representam 28% da população brasileira. Nesta região localiza-se o Semiárido que possui uma extensão de 969.589 km², representando 11% do território nacional, e com 22 milhões de habitantes é a região semiárida mais populosa do mundo. O Bioma mais representativo do Semiárido brasileiro é a Caatinga e de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), este possui uma área aproximada de 844.453 km² sendo considerado um bioma completamente brasileiro. O termo “caatinga” é de origem indígena e significa “mata branca”, referindo-se ao aspecto da vegetação durante a estação seca, quando caem as folhas na maioria das árvores e os troncos tornam-se esbranquiçados e brilhantes, dominando a paisagem (Prado, 2003). A Caatinga possui um dos tipos vegetacionais brasileiros mais complexos cujas características principais são florestas arbóreas ou arbustivas, compreendendo principalmente árvores e arbustos baixos, muitos dos quais apresentam espinhos, microfilia e características xerofíticas. Também ocorrem espécies de Cactaceae e Bromeliaceae, enquanto que as lianas são muito escassas (Araújo & Martins, 1999). Algumas espécies perenifólias também são encontradas e segundo Araújo et al. (2002) a diversidade total de espécies herbáceas é significativa e assume grande importância devido ao seu valor forrageiro, medicinal e apícola.

De forma geral, as florestas sazonais do Semiárido brasileiro podem ser classificadas como florestas secas (Pennington et al., 2000), mas recebem muitas designações locais baseadas em suas características fisionômicas e do clima de sua localização (Andrade Lima, 1966). É possível que as diferentes formações de florestas secas sejam, na verdade, fragmentos de uma formação florestal muito grande, que seria uma floresta sazonal seca sul americana, na qual incluem o Cerrado e a Caatinga (Pennington et al, 2004; Nascimento et al, 2004; Oliveira Filho et al, 2006). Contudo, as evidências em estudos com datação de ¹⁴C em paleopólen encontradas por Behling (2000) mostram

a ocorrência de formações de Caatinga aberta ao longo do período registrado durante a última glaciação e o início do Holoceno (42.000 – 8.500 anos B.P.). Os estudos de Rodal et al. (2008) mostraram que, embora haja enclaves de florestas no Semiárido que compartilhem espécies arbóreas com a floresta tropical Atlântica, a Caatinga apresenta composição florística própria, que a distingue das demais. O mosaico formado pelo diferentes tipos de vegetação é uma característica predominante deste Bioma, o que impede que extrapolações de estudos sobre o estoque de carbono sejam feitas.

Estudos também demonstram que a Caatinga é a forma de vegetação mais resiliente do Brasil. As áreas de sua ocorrência se encontram sob intensa utilização desde os primórdios da colonização no século XVI e com boa parte de sua área profundamente antropizada (Brasil, 2010 – Plano de Ação para a Prevenção e o Controle do Desmatamento na Caatinga).

A forte sazonalidade climática existente no Semiárido brasileiro afeta significativamente os processos biológicos do solo na Caatinga. A precipitação média pode variar de 400 a 800mm ano⁻¹ e tem distribuição espacial muito irregular, com ocorrência de 7 a 9 meses sem precipitação significativa. Nestas condições as adições de carbono ao solo são limitadas a um curto período pelo clima. Com o início da estação chuvosa, a retomada do crescimento vegetal é muito rápida e há a retomada da adição de carbono ao solo com o reinício da atividade fotossintética e a exsudação de metabólitos através das raízes. Ao longo deste período a adição de carbono se dará principalmente pela herbivoria dos insetos, promovendo a adição de fragmentos de folhas e ramos tenros ao solo. A microbiota edáfica retoma sua atividade a partir de populações até então limitadas a micronichos com capacidade de suporte, ou a partir de estruturas de resistências no solo. Ao final do período chuvoso, com a perda de folhas, ramos e a morte de raízes finas, há o pico da atividade biológica no solo que, logo após retornará às condições anteriores.

O Bioma Caatinga quanto um ecossistema pode ser interpretado como um conjunto de relações mútuas entre fauna, flora e microrganismos, em interação com fatores geológicos, atmosféricos e meteorológicos, constituindo, do ponto de vista da termodinâmica, um sistema aberto, com fluxos de energia e de matéria dinamicamente equilibrados. Neste contexto, o fluxo de carbono também está em equilíbrio e interferências antrópicas podem alterar a dinâmica deste fluxo. Para verificar a dinâmica do fluxo e o estoque do carbono no Bioma Caatinga é necessário conhecer o sistema solo, planta, microorganismo e atmosfera, considerando os componentes água, radiação e temperatura como elementos importantes para esta análise.

SISTEMA SOLO

É importante conhecer os solos do Semiárido brasileiro para verificar a potencialidade que os mesmos possuem de estocar carbono e compreender dinâmica deste elemento no ecossistema, para tal é importante conhecer os fatores de formação. A geologia do Semiárido se modela em base a dois tipos de estruturas. A primeira constitui o embasamento cristalino, de ocorrência em 70% da região semiárida, e a segunda, é conformada pelas bacias sedimentares. Vários tipos de rochas de origem identificada entre os períodos Terciário e Quaternário da era Cenozóica caracterizam a geomorfologia do Semiárido. De acordo com Ab'Saber (2005), as formações rochosas se distribuem na paisagem através das depressões interplanálticas, as quais representam o aspecto mais típico do Semiárido nordestino, entremeadas por maciços antigos e chapadas esporádicas. Estas extensões constituem a maior parte do Semiárido, destacando-se nelas formações areníticas ricas em óxido férreo formadores de solos ácidos e empobrecidos.

Com isso Jacomine (1996) dividiu a região em três áreas conforme a natureza do material originário: áreas do cristalino, áreas do cristalino recobertas por materiais mais ou menos arenosos e áreas sedimentares. Sobre a base cristalina, os solos geralmente são rasos (cerca de 0,60 m), com baixa capacidade de infiltração, alto escoamento superficial e reduzida drenagem natural. Nas bacias sedimentares, os solos geralmente são profundos (superiores a 2 m, podendo ultrapassar 6 m), com alta capacidade de infiltração, baixo escoamento superficial e boa drenagem natural.

O Semiárido brasileiro apresenta quatro ordens predominantes de solo, de um total de quinze, que ocupam 68% da área (Jacomine et al., 1971; Jacomine et al., 1977; Cunha et al., 2008; Salcedo e Sampaio, 2008) sendo elas com as respectivas áreas: Latossolos (21%), Neossolos Litólicos (19%), Argissolos (15%) e os Luvisolos (13%), as demais classes são: Planossolos (4%), Neossolo Regolítico (4%), Cambissolo (4%) e Vertissolo (4%).

As classes de solo apresentam um baixo teor de carbono orgânico solúvel, com valores que variam de 5 a 12 g.kg⁻¹. Os Vertissolos e os Cambissolos apresentam os maiores teores de carbono orgânico total (12,3 e 12,2 g.Kg⁻¹), mas, em termos de área conjunta ocupam somente 5% da área total do Semiárido. Já os Luvisolos e os Neossolos apresentam teores de carbono orgânico total de 11,5 e 10,4 g.Kg⁻¹ com uma área de abrangência de 32%. Seguindo a ordem de importância relativa, em relação ao teor de carbono, os Latossolos e os Argissolos ocupam 36% da região e apresentam teores de carbono de 9,7 e 8,9 g.Kg⁻¹. Finalmente com uma área de abrangência de 8%, os Planossolos e os Neossolos Regolíticos apresentam os teores mais baixos de carbono orgânico total, respectivamente 7,4 e 4,9 g.Kg⁻¹.

Ao longo do período seco do ano, o solo pode atingir teores de umidade próximos a zero e temperaturas muito altas. Os resultados obtidos por Correia et al. (2009) mostram que ao longo dos

períodos mais quentes (outubro a novembro, nas suas condições de estudo) a temperatura à superfície do solo pode variar ao longo do dia entre 22 e 52°C, independentemente da cobertura vegetal. Os autores demonstram ainda que a umidade do solo ao longo de seis meses de monitoramento permaneceu ao redor de 1% [Santa Terezinha, PI (7°2'20" S e 37°26'43" W)]. Resultados similares foram obtidos por Gerlach-Lira & Coutinho (2007) em São João do Cariri [PB (7°25' S e 37°30' W)], nestes estudos a temperatura do solo à superfície ficou em torno de 30°C, ao final do inverno, e 58°C em fevereiro, final da estação seca, e em torno de 30 e 48°C nos mesmos períodos, a dez centímetros de profundidade. Também neste caso, o teor de umidade do solo durante a estação seca variou entre 1 e 3% (Ug). Em ambos os estudos a atividade microbiana estimada pela evolução de CO₂ (Correia et al., 2009) ou pela atividade enzimática (Gerlach-Lira & Coutinho, 2007) foi afetada significativamente por estas variáveis.

Pesquisas direcionadas à determinação do estoque de carbono no solo ainda são pontuais no Semiárido brasileiro. Devido a grande variabilidade de solos e a distribuição em mosaicos não é possível, com os trabalhos realizados, estimar o estoque de carbono no sistema solo, até 1m de profundidade. Tiessen et al. (1998) estimaram o estoque de carbono para solos do Semiárido brasileiro em 20 Mg ha⁻¹ para a camada de 0-20 cm de profundidade. No entanto, em Luvisolo crômico, sob caatinga hiperxerófila no semiárido cearense, Maia et al. (2007) encontraram estoque de carbono de 48,4 Mg ha⁻¹ e Kauffman et al. (1993), em solo sob Caatinga no Semiárido Pernambucano, encontraram valores de 26,2 Mg ha⁻¹, ambos na mesma profundidade. Amorim (2009) avaliou a variação sazonal dos estoques médios de carbono em Argissolo sob Caatinga, no município de Petrolina, Pernambuco. No período de estiagem os valores foram de 16,5; 11,8 e 9,89 Mg ha⁻¹ e após o período chuvoso 14,2; 10,0 e 8,99 Mg ha⁻¹ nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30cm, respectivamente. Os estoques médios de carbono na camada de 0-20 cm também foram superiores aos estimados por Tiessen et al. (1998), alcançando 28,3 e 24,2 Mg ha⁻¹ para os períodos de estiagem e após a chuva, respectivamente. Fraga & Salcedo (2004) encontraram, em caatinga hiperxerófila, valores de 17,9 e 28,6 Mg ha⁻¹, para as camadas de 0-7,5 e 0-15 cm, respectivamente.

Uma análise comparativa dos estoques de carbono dos diferentes Biomas brasileiros foi realizada por Fidalgo et al. (2007), utilizando a base de dados de Chagas et al. (2004) com dados provenientes da caracterização de diferentes solos. A partir dos dados apresentados pelos autores verifica-se que acúmulo médio de carbono orgânico total é de 23,7 Mg ha⁻¹ para os solos do Bioma Caatinga, valor menor do que os apresentados para os para os Bioma Mata Atlântica e Cerrado, 41,8 e 39,2 Mg ha⁻¹ respectivamente. Pela característica da semiáridéz, a capacidade de suporte de biomassa do Semiárido brasileiro é menor quando comparada às regiões úmidas tropicais ou temperadas.

Também deve-se considerar que uma elevada proporção dos solos do Semiárido, cerca de 82% da área, apresenta baixo potencial produtivo, seja por limitações de fertilidade, de profundidade do perfil, por limitações de drenagem, elevados teores de sódio trocável ou baixos teores de matéria orgânica (Silva, 2000; CNRBC, 2004). Práticas inadequadas de produção agropecuária, associada a presença de solos com limitação de uso ou de baixo potencial produtivo, tem contribuído ao longo do tempo com o processo de degradação de muitos espaços vulneráveis, tornando inviável a recuperação dos mesmos (SILVA, 2000) e conseqüentemente diminuindo o estoque de carbono no sistema solo.

SISTEMA PLANTA

Para definir a contribuição do sistema planta no balanço de carbono de um ecossistema ou agroecossistema é necessário conhecê-lo detalhadamente. Os agroecossistemas dominantes no Semiárido são compostos por monocultivos, logo possuem baixa variabilidade, e estimativas diretas ou indiretas são relativamente fáceis de serem realizadas. Porém, estimar a contribuição da vegetação nativa, a Caatinga, permanece um desafio. Constata-se, porém, que, devido à grande extensão territorial que ocupa e os diferentes ambientes em que pode ser encontrada, a Caatinga encerra uma enorme variabilidade de faciações fitogeográficas evidenciadas, principalmente, pelas diferenças fisionômicas, densidades, composição de espécies e aspectos fenológicos (MMA, 2010; Sampaio et al., 1998; Rodal et al., 1992; Andrade-Lima, 1981). A carência de informações sobre a vegetação de Caatinga se torna muito evidente quando se procura dados relativos, por exemplo, à estrutura fitossociológica, à dinâmica de populações, aos processos de sucessão ecológica e de regeneração natural dos ecossistemas aí encontrados (Araújo Filho, 1996; IBAMA, 1992). Pode-se afirmar que o Bioma Caatinga é composto por diferentes “Caatingas” caracterizadas como formações arbóreo-arbustivas, hierarquizadas em diversas tipologias, muitas das quais ainda são praticamente desconhecidas do ponto de vista ecológico. Numa tentativa de adaptar a classificação da vegetação brasileira a um sistema universal, a Caatinga foi classificada, na década de 90, como savana estépica (IBGE, 1992), dividida em quatro tipos:

1. Florestada – composta por espécies medindo em torno de 5 a 7 m de altura, mais ou menos densas, com grossos troncos e esgalhamento ramificado, provido de espinhos e/ou acúleos. São decíduas na época desfavorável. Os gêneros dominantes são: *Cavanillesia*, *Chorisia*, *Acacia*, *Mimosa*, e outros da família *Leguminosae*;
2. Arborizada – apresenta as mesmas características florísticas da caatinga florestada. Difere apenas na altura dos indivíduos (mais baixos) e no seu espaçamento, que possui maior abertura

entre os indivíduos. Predominam as seguintes espécies e gêneros: *Spondias tuberosa*, *Commiphora leptophloeos*, *Cnidocolus phyllacanthus*, *Aspidosperma pyriforme* e *Mimosa*.

3. Parque – sua característica marcante é a pseudo-orientação de plantas lenhosas raquíticas sobre denso tapete gramíneo-lenhoso de hemicriptófitos e carnéfitos, composto, principalmente, pelas espécies: *Mimosa acutipula*, *Auxema oncolalyx*, *Combretum leprosum* e *Aspidosperma pyriforme*. Esta formação recobre pequenas depressões capeadas que, na época das chuvas, são alagadas, devido à má drenagem dos solos dominantes.
4. Gramíneo-lenhosa – Conhecida, também por campo espinhoso, caracteriza-se por um extenso tapete gramíneo salpicado de plantas lenhosas anãs, espinhosas. Os campos são recobertos inteiramente pelo capim panasco (*Aristida sp.*), que apresenta aspecto de palha na seca e enverdece na época das chuvas, e entremeados por indivíduos do gênero *Jatropha*, da família *Euphorbiaceae*.

A vegetação de Caatinga está distribuída em 17 grandes unidades de paisagens, por sua vez subdivididos em 105 unidades geoambientais (Rodal & Sampaio, 2002), de um total de 172 no Nordeste como um todo (Silva et al., 1993). As grandes unidades de paisagem são: Ag – agropecuária; SN – Contato savana/Floresta estaciona – ecótono; SP – Contato savana/restinga ecótono; ST – contato savana/savana estépica ecótono; Sa – Savana Arborizada; Sd – Savana Florestada; Sg – Savana gramíneo-lenhosa; Sp – Savana Parque; TN – Contato savana estépica/floresta estacional – ecótono; Ta - Savana estépica arborizada; Tas – Savana estépica arborizada sem palmeiras e sem floresta de galeria; TD - Savana estépica florestada; Tg - Savana estépica gramíneo-lenhosa; Tp - Savana estépica parque; Vs – Vegetação secundária e rm - Refúgios vegetacionais sobmontano.

A Caatinga foi reconhecida como uma das 37 regiões naturais do planeta consideradas as mais ricas em número de espécies, de acordo com Giullietti et al. (2006) foram registradas até o momento cerca de 1.500 espécies para a região, sendo as famílias Leguminosae (18,4%), Convolvulaceae (6,82%) Euphorbiaceae (4,83%), Malpighiaceae (4,7%) e Poaceae (4,37%). A presença de espécies endêmicas indica que se trata de um ecossistema rico em biodiversidade, sendo a flora representada por cerca de 20 gêneros e mais de 300 espécies, com destaque para a família Leguminosae, detentora de 80 espécies de distribuição exclusiva nessa região (Giullietti et al. 2002). A capacidade que as plantas possuem de absorver e armazenar carbono tornou-se estratégia mitigatória aos efeitos das mudanças climáticas. Com isso, a quantificação do estoque de carbono na biomassa dos ecossistemas é fundamental para caracterizar o status de um bioma e desenvolver estratégias sustentáveis.

Segundo Sampaio & Freitas (2008) há cinco razões principais para o interesse no estoque e produção de biomassa na vegetação nativa do Semiárido brasileiro: parte da biomassa é utilizada na produção de lenha; outra parte constitui a pastagem nativa, usada no sistemas agropecuários; a acumulação de biomassa e de nutrientes nela contidos fazem parte da etapa de pousio no ciclo da agricultura itinerante; a revegetação de área degradada ou onde a agricultura é descontinuada pode entrar no mercado de carbono; e a vegetação nativa é o melhor indicador da capacidade de produção de um sistema. Entretanto são relativamente poucos os trabalhos sobre biomassa aérea da Caatinga.

A biomassa deve ser determinada e estimada de forma fidedigna, caso contrário não haverá consistência na quantificação do carbono fixado nos ecossistemas florestais (Sanquetta & Balbinot, 2004) e nos agroecossistemas. O conhecimento dos reais teores de carbono de um bioma é um dos pontos-chave na elaboração de projetos ambientais voltados ao sequestro de carbono (Vieira et al., 2009). Geralmente é adotado um valor fixo, cujo o teor de carbono é de 50% da fitomassa (IPCC, 2003), o que pode induzir erros de estimativas.

Os teores de carbono das espécies do Cerrado e da Caatinga foram determinados por Vieira et al. (2009), em diversos compartimentos das árvores: folhas, galhos, raízes, cascas e fustes. Os teores médios de carbono para as espécies do Cerrado foram: 43,24% para a folhagem, 42,06% para os galhos, 40,09% para as raízes, 41,01% para os fustes e 40,60% para as cascas. Já para o Bioma Caatinga foram encontrados os seguintes resultados: 47,39% para a folhagem, 44,68 para os galhos, 44,38% para as raízes, 43,75% para os fustes e 44,60 % para as cascas. Nas espécies estudadas, as análises estatísticas mostraram que existem diferenças entre os teores para os dois biomas analisados, sendo esses sempre maiores nas espécies da Caatinga. A folhagem foi o compartimento que apresentou maior valor do teor de carbono, tanto para o Cerrado como para a Caatinga. Concluiu-se que os teores de carbono são sempre inferiores aos sugeridos pelo IPCC (2003) o que levaria a uma superestimação dos valores estocados na fitomassa.

Embora seja importante realizar determinações diretas dos teores de carbono, há uma grande dificuldade para se estimar a biomassa média total produzida pela vegetação da Caatinga, devido principalmente a grande variabilidade espacial e sazonal que ocorre nessa região atrelada ao regime hídrico e ao tipo de solo. Kauffmann et al. (1993), realizando medidas diretas da produção de fitomassa aérea total, em uma área de Caatinga, situada no estado de Pernambuco, determinaram uma quantidade de 75 Mg ha^{-1} . Há áreas com vegetação rala e baixa e áreas com vegetação alta e densa, com variação estimada entre 2 e 156 Mg ha^{-1} (Salcedo & Sampaio, 2008). Já para a biomassa total de serrapilheira medidas em áreas de caatinga preservada os valores podem variar de 6,5 a $20,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ (Amorim, 2009; Martins et al., 2008).

Estima-se que a produção anual de fitomassa da Caatinga varia de 1,0 a 7,0 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹. A capacidade de acumulação de biomassa da Caatinga pode ser traduzida em número de anos necessários para repor o estoque. O tempo de renovação do estoque de lenha permitindo uma exploração sustentável tem sido estimado entre 10 a 15 anos (PNUD/FAO/IBAMA, 1992). O tempo necessário para renovação da vegetação, na etapa de pousio da agricultura itinerante com o acúmulo de nutrientes suficiente na biomassa vegetal e no solo para o reinício do ciclo também tem sido estimada nesta faixa. Tanto a variabilidade de clima quanto de solo, bem como a intensidade de degradação durante o ciclo da agricultura convencional tornam as média gerais pouco válidas frente à grande diversidade de situações.

Outra forma de acompanhar a produtividade da vegetação arbórea e arbustiva é medir a queda de folhas e detritos. A biomassa das folhas, que corresponde entre 5 a 10% da biomassa aérea total, é renovada a cada ano e compõe grande parte do folheto (60-80%) (Salcedo & Sampaio, 2008). Uma Caatinga arbórea pode produzir de 2,9 a 5,3 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ de folhas (Dantas, 2003). Se considerarmos que a fitomassa aérea contém 40% de carbono, pode-se estimar que uma Caatinga arbórea aporta 1,16 a 2,12 Mg C.ha⁻¹.ano apenas com a queda das folhas.

Se os dados de produção e estoque de biomassa da parte aérea da Caatinga são escassos, dados do sistema radicular são praticamente inexistentes (Sampaio & Freitas, 2008). Estes são limitados a três trabalhos, dois deles restritos a camadas superficiais e a raízes finas, que quantificou estoque de raízes até 5 mm de espessura e até 30 cm de profundidade variando de 3 a 8 Mg.ha⁻¹ (Salcedo et al., 1999), enquanto que os de todas as raízes até um metro de profundidade atingiram 12 Mg.ha⁻¹ (Tiessen et al., 1992). A produção de raízes finas, até 2mm de espessura foi estimada por Medeiros (1999), por diferença do estoque de carbono no solo ao longo anos, obtendo-se um valor 2,4 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹. A variabilidade da produção de fitomassa aérea e de raízes ocorre porque na região semiárida há uma grande variedade de paisagens e ambientes, sendo esta uma característica marcante da região.

A instalação de plantios comerciais no Semiárido brasileiro é uma alternativa para suprir a demanda da região por produtos florestais e reduzir o corte de espécies nativas. Assim, a introdução de espécies de alta produção de biomassa, adaptadas às condições edafoclimáticas do semiárido, representa uma alternativa de renda para os agricultores, a preservação do Bioma e a possibilidade de estocar carbono na fitomassa aérea e radicular. Neste sentido, Drummond et al (2008) avaliaram a produção e distribuição de biomassa de algumas espécies arbóreas introduzidas, de uso múltiplo para a região semiárida, em solos de baixa fertilidade, comparando a uma espécie nativa, de alto potencial de produção de biomassa. Entre as espécies estudadas a *Mimosa tenuiflora* apresentou a menor produção de biomassa seca de parte aérea e raiz, respectivamente 21,62 e 6,60 Mg.ha⁻¹,

enquanto a *Caesalpinia velutina* apresentou uma produção de biomassa aérea e radicular de 51,64 e 12,04 Mg.ha⁻¹, respectivamente.

Em função dos dados apresentados fica claro a real necessidade e iminência por maiores informações a respeito do estoque de carbono na fitomassa aérea e radicular da Caatinga e nos agroecossistemas. Neste sentido é necessário desenvolver trabalhos em grandes redes de pesquisa para que abranja a grande variabilidade característica do Semiárido brasileiro. Para tanto é importante reunir todos os trabalhos existente, orientar as iniciativas pontuais e planejar estrategicamente os futuros estudos.

USO DA TERRA E O BALANÇO DE CARBONO

Em 1984, a cobertura do bioma Caatinga foi estimada em cerca de 68% de sua vegetação remanescente, sendo 32% de áreas antropizadas, ou seja, espaços ocupados por agricultura ou alterados pela ação humana (CNRBC, 2004). Posteriormente, em 1990, foram realizadas atualizações pela Sudene e Ibama, que confirmaram uma redução expressiva da cobertura florestal remanescente. Segundo essa atualização a área total com vegetação de Caatinga passou de 68% para 47%. No mesmo período, as áreas antropizadas aumentaram de 32% para 53% da superfície total do Bioma.

Em 2004, os trabalhos de mapeamento do Bioma foram retomados através do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio). Os resultados obtidos revelam uma área de vegetação remanescente superior a 43% da área total do bioma. Com base nesse levantamento foi possível estimar a superfície dos remanescentes de vegetação da Caatinga em 363.115 km² e as superfícies de outras formações florestais pertencentes ao Bioma (encraves de formações do cerrado, tipos florestais em estágio secundário de desenvolvimento, formações pioneiras e florestas de transição ou ecótonos nas áreas de contato da Caatinga com o Cerrado e os domínios do bioma de Mata Atlântica).

Para o desenvolvimento do monitoramento do Bioma Caatinga, em 2008, foram adquiridas 163 imagens digitais. Destas, 111 cenas são dos sensores orbitais CBERS2B e 52 são do TM Landsat 5. A partir da delimitação/quantificação das áreas antropizadas, foram elaborados mapas, efetuados cálculos e estatísticas de forma a estabelecer, identificar e visualizar espacialmente a distribuição da supressão da vegetação do Bioma nos estados, municípios e nas regiões hidrográficas. A área dos remanescentes de vegetação da Caatinga, com o refinamento da escala e da área mínima de detecção, era em 2002 de 55,67% e, em 2008, observa-se uma diminuição para

53,62% (Figura 1). Todas essas estatísticas foram baseadas na área total do bioma, calculados a partir do “software” ArcGIS (MMA, 2010). A vegetação remanescente no ano de 2008 foi superior ao de 2004, isto ocorreu em função da utilização de uma metodologia mais acurada e não devido a ações que promovessem a revegetação de áreas alteradas.



Figura 1 – Mapa do bioma Caatinga, contendo a distribuição espacial das áreas com vegetação (verde), desmatamento acumulado até 2008 (marrom) e corpos d'água (azul).

Fonte: MMA – Ministério de Meio Ambiente, 2010.

O desmatamento acumulado por décadas reflete no estoque de carbono orgânico total do solo nos diferentes Biomas. As áreas antropizadas dos Biomas Caatinga, Cerrado e Mata

Atlântica apresentam um estoque de carbono do solo menor quando comparadas a vegetação nativa (Tabela 1).

Tabela 1. Estoque de carbono orgânico total do solo na vegetação nativa e em área antropizadas de diferentes biomas.

Bioma	Vegetação nativa	Área antropizada
	Estoque de Carbono	
	----- Mg.ha ⁻¹ -----	
Amazônia	29,08	33,35
Caatinga	23,68	22,27
Cerrado	39,17	33,52
Mata Atlântica	41,85	37,51

Fonte: Adaptado de Chagas et al. (2004) e Fidalgo et al. (2007)

O desmatamento decorrente da agricultura de subsistência irradia-se pelo Bioma devido à abertura anual de novas áreas para lavouras. Este fenômeno ocorre porque a agricultura de subsistência prevê o uso intensivo da mesma área de produção por um período 3 a 4 anos, permanecendo posteriormente de 7 a 8 anos sem uso, obedecendo a um ciclo de pousio ou recomposição de vegetação para nova retirada de madeira, queimadas, pastejos e implantação de culturas. Porém, diferentemente dos demais Biomas do país, a produção agrícola em área dependentes de chuva (agricultura de subsistência) não é responsável por frentes importantes de desmatamento no Bioma Caatinga (MMA, 2010).

Nos últimos 30 anos a agricultura comercial, dependente da irrigação e de insumos externos, que se estrutura em torno da produção em larga escala, principalmente orientada para mercados de exportação, vem assumindo grande importância para a região. Os cultivos irrigados são relevantes para criação de emprego e renda principalmente em alguns pólos de produção do Semiárido, onde tem impactos a produção irrigada de manga, uva, maracujá, melão, mamão, banana, acerola, manga, graviola e caju, entre outras (CNRBC, 2004).

Cultivos comerciais como a soja e a mamona participam de forma crescente na economia da região. A mamona está integrada à produção de biocombustíveis e faz o Semiárido responsável por cerca de 50% da produção nacional. A expansão destas culturas tem impacto sobre o desmatamento do Bioma pela abertura de grandes áreas.

A produção agrícola, especialmente a de áreas irrigadas pode implicar nos processos de fragmentação, remoção e conversão de uso de áreas naturais no Semiárido, enquanto a agricultura

de subsistência ocupa pequenos espaços e não promove uma frente de desmatamento ou fronteira agrícola. Porém a demanda existente por lenha e carvão amplia as áreas desmatadas para melhorar a renda com a venda da madeira. A vegetação nativa, para a produção de lenha e carvão vegetal constitui em mais de 30% da matriz energética (Campello, 2008). Assim a utilização da vegetação lenhosa para a produção de lenha e carvão vegetal conjuntamente com a conversão de uso visando à produção agropecuária são identificadas como as maiores ameaças para a fragmentação das áreas naturais.

As alterações devido o processo de antropização no Bioma Caatinga alteram o estoque de carbono no solo e na vegetação. O efeito de diferentes sistemas de cultura pode ser evidenciado no estudo, realizado em 2009, que avaliou o estoque de carbono orgânico total na Caatinga preservada, Caatinga alterada, pastagem com capim buffel e cultivo irrigado de mangueira, em um Argissolo Amarelo. O estoque de carbono do solo na Caatinga preservada é significativamente superior aos demais sistemas de uso da terra até a profundidade de 10 cm. A Caatinga preservada, do estudo, possui uma área aproximada de 400 hectares. Essa área foi propriedade de pequenos agricultores que utilizavam as adjacências com agricultura de subsistência, por meio de cultivos de milho e feijão, assim como a criação de caprinos, ovinos e bovinos soltos na Caatinga. No ano de 1974 a área foi desapropriada, desde então permaneceu cercada, sem haver intervenções antrópicas no seu ecossistema natural. A área de Caatinga alterada possui 76 hectares e foi desmatada no ano de 1983. O desmatamento foi realizado através de queimadas e roçagens. Após a retirada da mata nativa foi plantada uma coleção de algaroba (*Prosopis juliflora*). Para o trato cultural dessa área foram executados roços e capinas que se estenderam até o ano de 1989, com o abandono da área devido à coleção não ter se desenvolvido. Após este período a área foi abandonada contendo atualmente algumas árvores de algaroba e vegetação arbustiva. A área contendo capim Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), possui 30 há e foi implantada no ano de 1977, após a retirada da vegetação nativa da Caatinga. Vale ressaltar que na área nunca houve aplicação de corretivos e fertilizantes de solo, sendo conservada até hoje por meio de roçagens, que são realizadas anualmente. A área irrigada com o cultivo de mangueira possui 1 há e foi instalada em 2004. O desmatamento desta área ocorreu em 1998 e no período de 1999 a 2004 foi cultivada com culturas anuais.

Para a profundidade de a 10 a 20 cm a Caatinga preservada, a Caatinga alterada e o Buffel não diferem significativamente entre si, mas todos estes sistemas possuem um estoque de carbono orgânico total no solo superior ao sistema com mangueira (Tabela 2). Vale ressaltar que a mudança do uso da terra no Bioma Caatinga alterou significativamente o estoque de carbono no solo.

Tabela 2. Estoque de carbono do solo em diferentes sistemas de uso da terra e profundidades de ARGISSOLO AMARELO Eutrófico latossólico textura média/argilosa, localizado em estações experimentais da Embrapa Semiárido, Petrolina – PE.

Profundidade	Caatinga preservada	Caatinga Alterada	Buffel	Mangueira
Carbono				
Cm	----- Mg. ha ⁻¹ -----			
0,0 - 2,5	4,54 a	2,20 bc	2,29 b	1,43 c
2,5 – 5,0	2,53 a	1,71 bc	1,87 b	1,22 c
5,0 – 7,5	1,99 a	1,61 ab	1,36 bc	1,01 c
7,5 – 10,0	1,71 a	1,51 a	1,31 a	0,85 b
10,0 – 15,0	2,48 a	2,82 a	2,26 a	1,33 b
15,0 – 20,0	2,23 a	2,41 a	1,82 a	1,08 b
0 – 20 cm	15,48	12,26	9,6	6,92

*Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey(P≤ 0,05) (Giongo et al., 2010 dados não publicados)

As alterações dos Biomas, pela ação humana modificam o ciclo do carbono, um elemento importante para manter a dinâmica dos ecossistemas, associado às mudanças climáticas e ao tema “seqüestro de carbono”. A intervenção humana no ciclo global do carbono vem ocorrendo há milhares de anos. Entretanto, apenas nos dois últimos séculos o fluxo de carbono antrópico passou a ser comparável ao ciclo de carbono natural. Alterações no uso da terra, pela atividade agropecuária, e o extrativismo uma de maneira geral, reduz o estoque de carbono do solo, bem como aumenta a emissão de CO₂ para a atmosfera. Em virtude das questões que envolvem as mudanças climáticas globais, uma série de trabalhos científicos recentes tem objetivado quantificar os reservatórios de carbono em diferentes regiões semiáridas do mundo, bem como determinar os fatores que controlam a sua dinâmica. No Semiárido brasileiro estão sendo realizados estudos em relação ao balanço de carbono em áreas de vegetação nativa e antropizadas, primeiramente relacionadas com a pecuária e a agricultura de sequeiro, por serem as atividades dominantes na região e posteriormente também pela agricultura irrigada, devido seu alto impacto no sistema produtivo.

As dificuldades existentes em se estudar o Bioma Caatinga e o aumento do processo de degradação deve ser fonte de estímulo para a busca de novas alternativas tecnológicas que favoreçam a sustentabilidade da base produtiva da região e a manutenção da biodiversidade.

A estimativa do estoque de carbono no sistema solo-planta e da dinâmica deste elemento no ambiente como um todo podem ser indicadores para avaliação do grau de degradação de um sistema nativo ou antropizado. Entretanto, para o Bioma Caatinga, esta estimativa tem se tornado difícil, em decorrência da complexidade de clima, solo, cobertura vegetal e uso da terra.

Por outro lado a dinâmica do processo exploratório está bem caracterizada. A utilização da caatinga ainda se fundamenta em processos meramente extrativistas para obtenção de produtos de origens pastoril, agrícola e madeireiro. No caso da exploração pecuária, o superpasteio de ovinos, caprinos, bovinos e outros herbívoros tem modificado a composição florística do estrato herbáceo, quer pela época quer pela pressão de pastejo. A exploração agrícola, com práticas de agricultura itinerante que constam do desmatamento e da queimada desordenados, tem modificado tanto o estrato herbáceo como o arbustivo-arbóreo. E, por último, a exploração madeireira que já tem causado mais danos à vegetação lenhosa da Caatinga do que a própria agricultura migratória. As conseqüências desse modelo extrativista predatório se fazem sentir principalmente nos recursos naturais renováveis da Caatinga. Assim, já se observa perdas irre recuperáveis da diversidade florística e faunística, aceleração do processo de erosão e declínio da fertilidade do solo e da qualidade da água pela sedimentação.

A partir de estudos de estoque e dinâmica do fluxo de carbono realizados no Bioma Caatinga, em áreas preservadas e em sistemas antropizados, será possível ampliar as bases científicas e tecnológicas para desenvolver estratégias para valorar a Caatinga e desenvolver agroecossistemas que acumulem carbono, diminuindo a emissão de gases de efeito estufa e /ou aumentando o seqüestro.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. Domínios morfoclimáticos e solos do Brasil. In: Alvarez, V.H.; Fontes, L.E.F.; Fontes, M.P.F. (Eds). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, SBCS, 1996. p. 1-18.
- AMORIM, L.B. Caracterização da serrapilheira em caatinga preservada e mudanças no carbono do solo após o desmatamento sem queima. 2009. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE.
- ANDRADE-LIMA D. The caatingas dominium. *Revista Brasileira de Botânica*, 4:149-153, 1981.
- ANDRADE-LIMA, D. *Vegetação: Atlas Nacional do Brasil*. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia – IBGE, 1996.
- ARAÚJO, E.L.; SILVA, S.I.; FERRAZ, E.M.N. Herbáceas da caatinga de Pernambuco. In: Tabarelli M, Silva JMC (Eds). *Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco*. Recife, Editora Massagana, 2002. p. 183-205.
- ARAÚJO, F.S. & MARTINS, F.R. Fisionomia e organização da vegetação do carrasco no Planalto da Ibiapaba, estado do Ceará. *Acta Botanica Brasilica*, 13:1-14. 1999.
- ARAÚJO FILHO, J. A. 1996. *Desenvolvimento Sustentável da Caatinga*. Sobral: Ministério da Agricultura/ EMBRAPA/CNPC, 20p.
- BEHLING, H.; ARZ, H.W.; PATZOL, J.; WEFER, G. Late Quaternary vegetational climate dynamics in northeastern Brazil, inferences from marine core. *GeoB 3104-1. Quaternary Science Review*, 19:891-994, 2000.
- CAMPELLO, B.F. O uso da energia de Biomassa no Biome Caatinga. V Semana do Meio Ambiente, 3 a 5 de junho de 2008. Recife, PE – Fundação Joaquim Nabuco.
- CHAGAS, C.S.; CARVALHO JUNIOR, W.; BHERING, S.B.; TANAKA. A.K.; BACA, J.F.M. Estrutura e organização do Sistema de Informações Georreferenciadas de Solos do Brasil (SIGSOLOS – Versão 1.0). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28: 865-876, 2004.
- CNRBC – Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Caatinga Cenários para o Bioma Caatinga. Recife, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, 2004.
- CORREIA, K.G., SANTOS, T.S.; ARAUJO, K.D.; SOUTO, J.S.; FERNANDES, P.D. Atividade microbiana do solo em quatro estágios sucessionais da Caatinga no município de Santa Terezinha, Paraíba, Brazil. *Engenharia Ambiental*, 6:534-549, 2009.
- CUNHA, T.J.F.; SILVA, F.H.B.B.; SILVA, M.S.L.; PETRERE, V.G.; SÁ, I.B.; OLIVEIRA NETO, M.B.; DE CAVALCANTI, A.C. Solos do Submédio do Vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola. Petrolina, Embrapa Semi-Árido, 2008. 60 p.

DANTAS, S.V. Dinâmica da produção e decomposição de folheto e ciclagem de nutrientes em um ecossistema de Caatinga arbórea no agreste da Paraíba. 2003, 32 p. Monografia (Graduação em Agronomia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

DRUMOND, M.A.; PIRES, I.E.; OLIVEIRA, V.R.; OLIVEIRA, A.R.; ALVAREZ, I.A. Produção e distribuição de Biomassa de espécies arbóreas no Semi-Árido brasileiro. *Revista Árvore*, 32: 665-669, 2008.

FIDALGO, E.C.C.; BENITES, V.M.; MACHADO, P.L.O.A.; MADARI, B.E.; COELHO, M.R.; MOURA, I.B.; LIMA, C.X. Estoque de carbono nos solos do Brasil. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2007. 27 p.

FRAGA, V.S. & SALCEDO, I.H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. *Soil Science Society America Journal*, 68:215-224, 2004.

GIULIETTI, A.M.; HARLEY, R.M.; QUEIROZ, L.P.; BARBOSA, M.R.V.; BOCAGE NETA, A.L.; FIGUEIREDO, M.A. Espécies endêmicas da Caatinga. In: Sampaio EVSB, Giulietti AM, Virgínio J, Gamarra-Rojas (Eds). *Vegetação e Flora da Caatinga*. Recife, APNE/CNIP, 2002. p. 103-119.

GORLACH-LIRA, K. & COUTINHO, H.D.M. Population dynamics and extracellular enzymes activity of mesophilic and thermophilic bacteria isolated from semi-arid soil of northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 38:135-141, 2007.

IBAMA. 1992. Plano de manejo florestal para a região do Seridó do Rio Grande do Norte. Natal: IBAMA, v.1. (Projeto PNUD/FAO/IBAMA)

IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92p.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Good practice guidance for land-use change and forestry. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>>. Acesso em 12 Aug. 2010.

JACOMINE, P.K.T. Solos sob caatinga: características e uso agrícola. In: Alvarez VH, Fontes LEF, Fontes MPF. *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa, SBCS, 1996. p. 95-133.

JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTI, A.C.; RODRIGUES E SILVA, F.B.; MONTENEGRO, J.O.; FORMIGA, R.A.; BURGOS, N.; MÉLO FILHO, H.F.R. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco, Estado da Bahia. Recife, Embrapa/Sudene. 1977. 738 p.

KAUFFMAN, J.B.; SANFORD JR., R.L.; CUMMINGS, D.L.; SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. *Ecology*, 74:140-151, 1993.

MAIA, S.M.F.; XAVIER, F.A.S.; OLIVEIRA, T.S., MENDONÇA, E.S.; ARAÚJO FILHO, J.A. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semiarid region of Ceara, Brazil. *Agroforestry Systems*, 71:127-138, 2007.

MARTINS, C.M.; GALINDO, I.C.L.; SOUZA, E.A.; POROCA, H.A.; ANDRADE, F.M.; ANDRADE, B.M.T., ALMEIDA NETO, L.A.; LIMA, J.F.W.F. Fracionamento físico da serrapilheira presente em áreas em processo de degradação no semiárido pernambucano. In:

REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. 17., 2008. Anais. Rio de Janeiro: UFRRJ/Embrapa Solos/Embrapa Agrobiologia, 2008. CD-ROM

MMA. Plano de Ação para Prevenção e Controle ao Desmatamento na Caatinga (versão preliminar). Departamento de Políticas para o Combate ao Desmatamento. Ministério do Meio Ambiente. Brasil. 2010.

NASCIMENTO, A.R.T.; FELFILI, J.M.; MEIRELLES, E.M. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta. *Acta Botanica Brasileira*, 18:659-660, 2004.

OLIVEIRA FILHO, A.T.; JARENKOW, J.A.; RODAL, M.J.N. Floristic relationship of seasonal dry forests of eastern South America based on tree species distribution patterns. In: Pennington RT, Lewis GP, Ratter JA (Eds). *Neotropical savannas and dry forests: Plant diversity, biogeography and conservation*. Taylor and Francis, Boca Raton, p. 11-51. 2006.

PENNINGTON, R.T.; LAVIN, M.; PRADO, D.E.; PENDRY, C.A.; PELL, S.K.; BUTTERWORTH, C.H. Historical climate change and speciation: Neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. *Philosophical Transactions Royal Society London*, 359:315-338, 2004.

PENNINGTON, R.T.; PRADO, D.E.; PENDRY, C.A. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal Biology*, 27:261-273, 2000.

PNUD/FAO/IBAMA. Plano de manejo florestal para a região do Seridó do Rio Grande do Norte. v.1: Levantamentos básicos. Natal, PNUD/FAO/IBAMA, 1992.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: Leal IR, Tabarelli M, e Silva JMC (Eds). *Ecologia e conservação da Caatinga*. Recife, Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, 2003. p. 3-73.

RODAL, M.J.N.; BARBOSA, M.R.V.; THOMAS, W.W. Do the seasonal forests in northeastern Brazil represent a single floristic unit? *Brazilia Journal Biology*, 68:467-475, 2008.

RODAL, M.J.N.; SAMPAIO, E.V.S.B. A vegetação do Biome caatinga. In: Sampaio EVSB, Giulietti AM, Virgínio J, Gamarra Rojas CFL (Eds.). *Vegetação e Flora da Caatinga*. Recife, APNE/CNIP, 2002. p. 11-24.

RODAL, M.J.N.F.; SAMPAIO, E.V.S.B.; FIGUEIREDO, M.A. Manual sobre métodos de estudos florísticos e fitossociológicos: ecossistema Caatinga. Brasília, Sociedade Botânica do Brasil, 1992. 24p.

SALCEDO, I.H.; LEITE, L.F.C.; VASCONCELOS, E.V.; SOUZA, F.; SAMPAIO, E.V.S.B. Produção de raízes finas sob vegetação de caatinga. Workshop sobre sistema radicular: metodologias e estudos de caso. Aracaju-SE, 1999. Anais. Campinas, Embrapa, 1999. p. 139-152.

SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Matéria orgânica do solo no Biome caatinga. In: Santos GS, Silva LS, Canellas LP, Camargo FAO (Eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2ª Ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p. 419-441.

SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.L.; SALCEDO, I.H.; TIESSEN, H. Regeneração da vegetação de Caatinga após corte e queima, em Serra Talhada, PE. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 33:621-632, 1998.

SAMPAIO, E.V.S.B.; FREITAS, A.D.S. Produção de Biomassa na vegetação nativa do semi-árido nordestino. In: Menezes RSC, Sampaio EVSB, Salcedo IH (Eds). Fertilidade do solo e produção de Biomassa no semi-árido. Recife, Ed. Universitária/UFPE, 2008. p. 11-26.

SANQUETTA, C.R. & BALBINOT, R. Metodologias para determinação de Biomassa florestal. In: Sanquetta, C.R.; Balbinot, R.; Zilliotto, M.A. (Eds). SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE FIXAÇÃO DE CARBONO: Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas, parte 5. Curitiba, 2004. p. 77-93.

SILVA, F.B.R.; RICHE, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUZA NETO, N.C.; BRITO, L.T.L.; CORREIA, R.C.; CAVALCANTE, A.C.; SILVA, A.B.; ARAUJO FILHO, J.C.; LEITE, A.P. Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina, EMBRAPA-CPATSA, 1993. 325 p.

SILVA, J.R.C. Erosão e produtividade do solo no semi-árido. In: Oliveira TS, Assis Jr RN, Romero RE, Silva JRC (Eds). Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará - SBCs, 2000. p. 168-213.

TIESSEN, H.; CUEVAS, E.; SALCEDO, I.H. Organic matter stability and nutrient availability under temperate and tropical conditions. *Advances in GeoEcology*, 31:415-422, 1998.

VIEIRA, G.; SANQUETTA, C.R.; KLÜPPEL, M.L.W.; BARBEIRO, L.S.S. Teores de carbono em espécies vegetais da Caatinga e do Cerrado. *Revista Acadêmica Ciência Agrária Ambiental*, 7:145-155, 2009.