

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE

JEANETE SILVEIRA

ESTOQUES E INDICADORES DE CARBONO EM CERRADÃO E  
CERRADO *STRICTO SENSU*

GOIÂNIA - GO

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE

JEANETE SILVEIRA

ESTOQUES E INDICADORES DE CARBONO EM CERRADÃO E  
CERRADO *STRICTO SENSU*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Engenharia do Meio Ambiente.

Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Eric de Souza Gil

GOIÂNIA - GO

2010

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
GPT/BC/UFG**

Silveira, Jeanete.  
S587e Estoque e indicadores de carbono em cerrado e cerrado  
stricto sensu [manuscrito] / Jeanete Silveira. - 2010.  
123 f. : il., figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Eric de Souza Gal  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás,  
Escola de Engenharia Civil, 2010.

Bibliografia.  
Inclui lista de figuras, abreviaturas, siglas e tabelas.

1. Créditos de carbono 2. Estoque de carbono 3. Indica-  
dores ambientais 4. Cerrado I. Título.

CIP: 502 2-504

JEANETE SILVEIRA

**ESTOQUES E INDICADORES DE CARBONO EM CERRADÃO E CERRADO**  
***STRICTO SENSU***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente (PPGEMA) da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, para a obtenção do título de Mestre, aprovada em 1º de Setembro de 2010, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

Professor Eric de Souza Gil, D.Sc. (PPGEMA-UFG)  
Presidente da Banca

Pesquisadora Beata Eموke Madari, PhD. (Embrapa)  
Examinadora Externa

Professora Vladia Correchel, D.Sc. (EA-UFG)  
Examinadora Externa

Prof. Professor Regis de Castro Ferreira, D.Sc. (PPGEMA-UFG)  
Examinador Interno

Dedico este estudo aos que vivem e cuidam do Cerrado.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os que de alguma maneira contribuíram para a realização desta dissertação;

Aos autores que me guiaram e aos leitores que dão sentido a esse trabalho;

A Universidade Federal de Goiás - UFG tenho muito a agradecer, em especial, ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente – PPGEMA, pelo acesso a novos conhecimentos; aos professores do PPGEMA, em especial, meu orientador, pela confiança e pela oportunidade de tratar de questões relacionadas ao enfrentamento dos efeitos da mudança do clima, na perspectiva dos serviços ambientais do Cerrado; aos colegas do PPGEMA, especial às amigas Ana Elisa Barreto Matias e Annyella Kassia Nogueira que estiveram mais próximas durante o desenvolvimento da dissertação e me incentivaram em diversas ocasiões; às amigas Bárbara Rocha; Fernanda Posch, Daniela Souza, Daniela Camplesi, Aline Lessa; Valéria Jardim pelos felizes momentos de estudo e lazer; a Leonardo Silveira pelos ótimos artigos que me passou; aos professores do Departamento de Solo da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, pela atenção e apoio dos Professores: Wilson Mozena Leandro, Magda Beatriz, da Eng<sup>a</sup> Nara Rúbia, e da Prof<sup>a</sup> Eliana Fernandes e seus alunos: Daniel de Castro Mendonça, Aline Cardoso e Michel Andraus; aos laboratoristas Elenilson (Kri), Carlos e José Luiz. Em especial, agradeço muito, à Prof<sup>a</sup> Vladia Correchel pelo uso do Laboratório de Física do Solo, pelas preciosas informações e ajuda na investigação dos atributos de solo ligados ao carbono e ainda, pela enorme ajuda que obtive, dos estagiários do seu departamento; sou muito grata a Felipe Costa de Freitas pela preciosa ajuda na determinação dos parâmetros físico-hídricos do solo, e a Yoná Serpa Mascarenhas por colaborar nessas etapas e nas determinações de matéria seca e teor de carbono da biomassa vegetal.

Sou muitíssimo grata aos proprietários ou gestores das Fazendas onde as pesquisas puderam ser realizadas: Sr. João Tolentino Ferreira; Dr. Flávio Breseghello; Prof. Paulo Marçal Fernandes; Sr. José Lima Cruvinel e Sr. Augustinho; Sr. Joaquim Carneiro, Dona Edileusa e Sr. Edmar Carneiro e; Sr Helio Lobo, por terem permitido os estudos e coletas nas área estudadas, base de toda a pesquisa desenvolvida. Agradeço também aos que me ofereceram outras áreas de estudo ou me ajudaram a encontrá-las.

Por isso minha gratidão ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> João de Deus, ao Sr. Genimauro Lemos; ao Sr. Rogério Abi-Faiçal; ao Prof. José Ângelo Rizzo, ao Sr. Max Rodrigues de Oliveira, à Dr<sup>a</sup> Márcia Thais Carvalho e ao Dr. José Belarmino Gama Filho.

Agradeço a Dr<sup>a</sup> Gislene Auxiliadora Ferreira, pela grandiosa ajuda no levantamento florístico e determinação dos parâmetros fitossociológicos para caracterização das áreas de estudo como cerradão e cerrado *stricto sensu*.

Agradeço muito à Embrapa Arroz e Feijão, que além ceder uma das áreas de estudo, me permitiu o uso do analisador elementar; agradeço o apoio do analista Wesley Leal e sobretudo, agradeço imensamente a Dr<sup>a</sup> Beata Eموke Madari, pelos valiosas observações e fornecimento de materiais bibliográficos importantes ao desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço à estagiárias da UEG, Sarah Neri, a Kathianne Alves da Escola Agrícola de Hidrolândia e a Lúcia Margareth pela ajuda na ordenação e acondicionamento das amostras de plantas e solos para encaminhamento aos respectivos laboratórios.

Agradeço aos assistentes de campo, Sr. Odesvaldo, Wallas, Fernando e em especial a Gean Alves de Sousa e Aldiney Alves, que foram muito dedicados e estiveram presentes e no decorrer de todas as etapas de campo e laboratório.

Agradeço a minha família, especialmente minha irmã Fany, meus filhos Flávia e Cauê pelo incentivo constante e ao meu esposo Jorge, pela compreensão do meu envolvimento e por todo apoio e com a realização deste trabalho.

Enfim, a todos pela convivência nesse período, minha admiração, respeito, carinho e reconhecimento.

## RESUMO

O clima no Planeta sempre apresentou oscilações naturais ao longo de sua existência, mas as contribuições antropogênicas de gases de efeito estufa também modificam a composição da atmosfera, afetando o clima. Estudiosos do clima constataram aceleração do aquecimento global, devido à ação humana. Em sentido inverso, organismos fotossintéticos, nos processos de crescimento, absorvem e armazenam carbono atmosférico. O Cerrado nativo, dentre os vários serviços ambientais que oferece, assimila carbono atmosférico e o armazena na biomassa vegetal e no solo, contribuindo na mitigação do aquecimento global. Plantios florestais e a manutenção de cobertura vegetal, por contribuírem na mitigação do aquecimento global, podem gerar créditos negociáveis no mercado de carbono. O estabelecimento de indicadores dos fluxos e estoques de carbono é um dos pontos-chaves no processo de geração de créditos de carbono. Esse trabalho pesquisou os estoques de carbono na biomassa vegetal e no solo, bem como seus indicadores, visando maior clareza do que ocorre com o carbono ao longo do perfil de solo e entre dois tipos de vegetação do bioma Cerrado: cerradão e cerrado *stricto sensu*. Foram estudadas 3 áreas de cada uma dessas fisionomias. Os teores de carbono foram obtidos a partir da quantificação da biomassa vegetal por determinação direta em campo, seguida da determinação do teor de matéria seca em estufa, e posterior calcinação a 550°C, de amostras representativas de cada material vegetal. Os resultados da biomassa vegetal foram agrupados tanto por profundidade ou altura estudada, quanto por compartimentos vegetal como: raízes, liter, material herbáceo, tronco, galhos, folhas e frutos. Os estoques totais de carbono, considerando a biomassa vegetal e o carbono total no solo foram de 906,25 Mg ha<sup>-1</sup> em cerradão e 419,04 Mg ha<sup>-1</sup> em cerrado *stricto sensu*, proporcionando a relação de 2,2:1. Os estoques de carbono total do solo, obtidos por analisador elementar, até a profundidade de 2 m, foram de 258,68 Mg ha<sup>-1</sup> em cerradão e 271,25 Mg ha<sup>-1</sup> em cerrado *stricto sensu*, não sendo estatisticamente diferentes nos dois ambientes. No entanto, os estoques de carbono da biomassa vegetal, acima e abaixo do solo, de 647,57 Mg ha<sup>-1</sup> para cerradão e 147,79 Mg ha<sup>-1</sup> para cerrado *stricto sensu*, apresentaram uma relação de 4,4:1. Ao se comparar os estoques de carbono da biomassa vegetal acima do solo com os estoques de carbono da biomassa vegetal subterrânea, as relações são de 3,52:1 no cerradão e 2,04:1 no cerrado *stricto sensu*. Foram tomadas amostras de solo em profundidade, ao longo do perfil do solo, tendo sido determinados: teor de argila (TA), densidade do solo (DS), densidade de partículas (DP), macro e microporosidade (MA e MI), índice de estabilidade de agregados (IEA), percentagem de agregados com tamanho entre 2 a 4 mm (PAS), estoques de carbono total do solo pelo método do analisador elementar (ECTS), estoques de carbono orgânico do solo, pelo método Walkley-Black (ECOS), teor de nitrogênio (N), estoque de carbono nas raízes entre 0,65 a 2,5 cm (ECR), estoques de carbono da biomassa vegetal subterrânea (ECBVS), estoques de carbono total do solo agrupado aos estoques da biomassa vegetal subterrânea (ECTVS). A análise de variância desses indicadores demonstrou que: os estoques de carbono total do solo (ECTS); estoques de carbono orgânico do solo (ECOS); estoques de carbono nas raízes com diâmetro entre 0,65 a 2,5 cm (ECR) e teor de nitrogênio total do solo (N) além de apresentarem diferenças em profundidade, apresentaram diferenças significativas entre os ambientes e na interação ambiente e profundidade. Se destacam dentre os demais e podem compor conjunto de metodologias locais apropriadas a projetos de créditos de carbono florestal, na região do Cerrado.

**Palavras-chave:** créditos de carbono, estoques de carbono; indicadores ambientais; Cerrado.

## ABSTRACT

The climate on the Planet has always been natural oscillations throughout its existence, but the anthropogenic contributions of greenhouse gases also change the composition of the atmosphere, affecting climate. Climatologists have found acceleration of global warming, because of the human's actions. Conversely, photosynthetic organisms, the processes of growth absorb atmospheric carbon, storing it in its components. The native Cerrado among the various environmental services offers, assimilates atmospheric carbon and store it in their biomass and soil, contributing to the mitigation of global warming. Forest planting and maintaining vegetation cover, contribute to the mitigation of global warming, then can generate tradable credits in the Carbon Market. Establishing indicators of the carbon stocks is one point key in generation process carbon credits. This work researched of carbon's stocks in plant biomass and soil, as well as their indicators, seeking greater clarity of what happens with the carbon throughout the soil profile and between two types of vegetation in the Cerrado biome: *cerradão* and *cerrado sensu stricto*. We studied three areas of each of those faces. We obtained biomass carbon stocks by direct determination in the field, then determining the matter content of kiln-dried, and subsequent calcination at 550°C by using samples of each part of a plant. The results were grouped either by depth or height, and also by the plant compartments such as roots, liter, herbaceous material, trunk, branches, leaves, fruits and others. The total stocks of carbon, considering both total plant biomass as carbon in the soil are 906,25 Mg ha<sup>-1</sup> in *cerradão* and 419,04 Mg ha<sup>-1</sup> in *cerrado stricto sensu*, providing relationship 2,2:1. The stocks of total soil carbon obtained by elemental analyzer, to a depth of 2 m, are of 258,68 Mg ha<sup>-1</sup> in *cerradão* and 271,25 Mg ha<sup>-1</sup> in *cerrado stricto sensu*. This was not statistically different in both environments. However, the carbon stocks of biomass above and below ground, are from 647,57 to 147,79 Mg ha<sup>-1</sup> in *cerradão* and *cerrado stricto sensu*, has a ratio of 4,4:1. Comparing the carbon stocks of above-ground biomass with the stocks in underground plant biomass, the relationships are 3,52:1 in *cerradão* and 2,04:1 *cerrado stricto sensu*. Soil samples were taken at depth along the soil profile, having been developed as indicators for carbon stock: clay content (TA), bulk density (BD), particle density (PD), macro and micro (MA and MI), index of aggregate stability (IEA), percentage of soil aggregate with size between 2-4 mm (SBP), total carbon soil stocks (ECTS), of by the method of elemental analyzer, organic carbon soil by the Walkley-Black (ECOS), content of nitrogen (N), carbon storage in roots from 0,65 to 2,5 cm (ECR), belowground biomass carbon stocks (ECBVS), total carbon soil stocks and belowground biomass carbon stocks combined (ECTS+BVS). The variance analysis of these indicators measured, has shown that: the total soil carbon stocks (ECTS), organic soil carbon stocks (ECOS), carbon stocks in roots with diameters from 0,65 to 2,5 cm (ECR) and content of the total nitrogen stoks of soil (N) in addition to presenting differences in depth, also presented significant differences between the environments and interaction environment and depth. Stand out among the others and can compose set of methodologies appropriate to local projects forest carbon credits in the Cerrado region.

Keywords: carbon credits, carbon stocks, environmental indicators, Cerrado.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Mudança nas temperaturas continentais e global; Fonte: IPCC, 2007 (adaptada pela autora)	22
<b>Figura 2</b>	Tendência de aumento da temperatura global IPCC, 2007 (adaptada pela autora)	23
<b>Figura 3</b>	Tipos fitofisionômicos de ocorrência no bioma Cerrado	33
<b>Figura 4</b>	Localização das áreas estudadas em relação ao município e a mesorregião no estado de Goiás	48
<b>Figura 5</b>	Tomadas de medidas do tronco usando suta e paquímetro	50
<b>Figura 6</b>	Representação esquemática da delimitação de uma unidade amostral	52
<b>Figura 7</b>	Retirada do liter da superfície de uma unidade amostral	54
<b>Figura 8</b>	Separação do material herbáceo coletado a cada 10 cm de altura em uma unidade amostral	54
<b>Figura 9</b>	Separação do tronco coletado a cada 10 cm, até 2m de altura, em uma unidade amostral	55
<b>Figura 10</b>	Separação de tronco, galhos médios, finos e folhas, situados acima de 2m, em uma unidade amostral	55
<b>Figura 11</b>	Separação de raízes pivotantes, grossas, médias e finas por camada de de solo avaliada	55
<b>Figura 12</b>	Estoques de carbono da biomassa vegetal fresca acima e abaixo da superfície do solo nas áreas de cerradão (C1, C2 e C3) e cerrado <i>stricto sensu</i> (St1, St2 e St3), dados originais em Mg ha <sup>-1</sup>	76
<b>Figura 13</b>	Proporção dos estoques de carbono na biomassa vegetal acima do solo – ECBVAS e carbono da biomassa vegetal subterrânea – ECBVS no estoque de carbono da biomassa vegetal total em Mg ha <sup>-1</sup> , em cerradão até 2 m de profundidade	81
<b>Figura 13</b>	Proporção dos estoques de carbono na biomassa vegetal acima do solo – ECBVAS e de carbono da biomassa vegetal subterrânea – ECBVS no estoque de carbono da biomassa vegetal total em Mg ha <sup>-1</sup> , em cerrado <i>stricto sensu</i> até 2 m de profundidade	81
<b>Figura 15</b>	Proporção dos estoques de carbono da biomassa acima do solo – EBVAS, da biomassa vegetal subterrânea – ECBVS e de carbono total do solo - ECTS, no estoque total de carbono no ecossistema cerradão até 2 m de profundidade	81
<b>Figura 16</b>	Proporção dos estoques de carbono da biomassa acima do solo – EBVAS, da biomassa vegetal subterrânea – ECBVS e de carbono total do solo - ECTS, no estoque total de carbono no ecossistema cerrado <i>stricto sensu</i> até 2 m de profundidade	82
<b>Figura 17</b>	Participação percentual do compartimento vegetal, em relação ao estoque médio de carbono da biomassa vegetal total em cerradão	84
<b>Figura 18</b>	Participação percentual do compartimento vegetal, em relação ao estoque médio de carbono da biomassa vegetal total em cerrado <i>stricto sensu</i>	85

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 19</b>	Estoque de carbono total do solo – ECTS em cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i>	93
<b>Figura 20</b>	Estoque de carbono orgânico do solo - ECOS em cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i>	94
<b>Figura 21</b>	Estoques de carbono total do solo agregado aos estoques de carbono da biomassa vegetal subterrânea – ECTS+ECBVS em cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i>	95
<b>Figura 22</b>	Estoques de carbono nas raízes com diâmetro entre 0,65 a 2,5 cm – ECR em cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i>	96
<b>Figura 23</b>	Estoques de carbono da biomassa vegetal subterrânea - ECBVS em cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i>	97
<b>Figura 24</b>	Teores de nitrogênio total do solo - N em cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i>	98
<b>Figura 25</b>	Relação carbono/nitrogênio – C:N, em cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i>	99
<b>Figura 26</b>	Macroporosidade - MA em cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i>	100
<b>Figura 27</b>	Porcentagem de agregados de solo entre 2 e 4 mm de diâmetro - PAS, em cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i>	101
<b>Figura 28</b>	Estoques de carbono na biomassa vegetal em cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i> nos intervalos de 2 m acima e abaixo da superfície do solo, em Mg ha <sup>-1</sup>	104

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b>	Estimativa dos estoques globais de carbono na biomassa, em função do bioma	28
<b>Quadro 2</b>	Localização geográfica referencial das áreas de cerrado e cerrado <i>stricto sensu</i> estudadas	48
<b>Quadro 3</b>	Densidade populacional e número de espécies botânicas nas áreas de cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i>	67
<b>Quadro 4</b>	Porte da vegetação nas áreas de cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i>	68
<b>Quadro 5</b>	Índice de projeção de copas nas áreas de cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i>	69
<b>Quadro 6</b>	Diâmetro à altura da base DAB, diâmetro à altura do peito DAP e altura da 1ª bifurcação do tronco nas áreas de cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i>	70
<b>Quadro 7</b>	Resumo das diferenças significativas do comportamento dos atributos avaliados como indicadores dos estoques de carbono, conforme resultados da análise de variância da Tabela 8	91

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Valores médios do índice S e demais parâmetros extraídos das curva de retenção de água no solo em cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i> em três profundidades	71
<b>Tabela 2</b>	Biomassa vegetal fresca por compartimento vegetal em áreas de cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i> , dados originais em Mg ha <sup>-1</sup>	73
<b>Tabela 3</b>	Matéria seca por compartimento vegetal em áreas de cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i> , dados originais em Mg ha <sup>-1</sup>	74
<b>Tabela 4</b>	Estoques de carbono por compartimento vegetal em áreas de cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i> , dados originais em Mg ha <sup>-1</sup>	75
<b>Tabela 5</b>	Médias ajustadas pelo método dos mínimos quadrados, dos estoques de carbono na biomassa vegetal acima do solo - ECBVAS e subterrânea - ECBVS, em relação ao ambiente e a profundidade de coleta, em Mg.ha <sup>-1</sup>	77
<b>Tabela 6</b>	Estoques de carbono na biomassa vegetal, no solo e nos ecossistemas cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i> em Mg ha <sup>-1</sup>	78
<b>Tabela 7</b>	Valores médios ajustados, pelo método dos mínimos quadrados, dos estoques de carbono por compartimento vegetal, em cerradão e em cerrado <i>stricto sensu</i> , Mg ha <sup>-1</sup>	83
<b>Tabela 8</b>	Médias ajustadas pelo método dos mínimos quadrados dos estoques de carbono total do solo em Mg ha <sup>-1</sup> (ECTS), estoques de carbono orgânico do solo em Mg ha <sup>-1</sup> (ECOS), teor de argila em g kg <sup>-1</sup> (TA), densidade do solo em g cm <sup>-3</sup> (DS), densidade de partículas em g cm <sup>-3</sup> (DP), macroporosidade em cm <sup>3</sup> 100 cm <sup>-3</sup> (MA), microporosidade em cm <sup>3</sup> 100 cm <sup>-3</sup> (MI), nitrogênio do solo em g kg <sup>-1</sup> (N), Relação C:N (C:N), índice de estabilidade de agregados (IEA), % de agregados do solo entre 2 a 4 mm em g kg <sup>-1</sup> (PAS), estoques de carbono de raízes entre 0,65 a 2,5 mm em Mg ha <sup>-1</sup> (ECR), estoques de carbono na biomassa vegetal subterrânea em Mg ha <sup>-1</sup> (ECBVS) e estoques de carbono total (ECTS+ECBVS), em Mg ha <sup>-1</sup> para o ecossistema cerradão	86
<b>Tabela 9</b>	Médias ajustadas pelo método dos mínimos quadrados dos estoques de carbono total do solo em Mg ha <sup>-1</sup> (ECTS), estoques de carbono orgânico do solo em Mg ha <sup>-1</sup> (ECOS), teor de argila em g kg <sup>-1</sup> (TA), densidade do solo em g cm <sup>-3</sup> (DS), densidade de partículas em g cm <sup>-3</sup> (DP), macroporosidade em cm <sup>3</sup> 100 cm <sup>-3</sup> (MA), microporosidade em cm <sup>3</sup> 100 cm <sup>-3</sup> (MI), nitrogênio do solo em g kg <sup>-1</sup> (N), Relação C:N (C:N), índice de estabilidade de agregados (IEA), % de agregados do solo entre 2 a 4 mm em g kg <sup>-1</sup> (PAS), estoques de carbono de raízes entre 0,65 a 2,5 mm em Mg ha <sup>-1</sup> (ECR), estoques de carbono na biomassa vegetal subterrânea em Mg ha <sup>-1</sup> (ECBVS) e estoques de carbono total (ECTS+ECBVS), em Mg ha <sup>-1</sup> para o ecossistema cerrado <i>stricto sensu</i>	87

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 10</b>	Análise de variância com as respectivas médias, desvios padrões, coeficientes de variação, quadrados médios e os respectivos p-valores ( $Pr > F$ ) para as variáveis dependentes, estoques de carbono total do solo em $Mg,ha^{-1}$ (ECTVS); estoques de carbono orgânico do solo em $Mg,ha^{-1}$ (ECOS); teor de argila em $g,kg^{-1}$ (TA); densidade do solo em $g,cm^{-3}$ (DS); densidade de partículas em $g,cm^{-3}$ (DP), Macroporosidade em $cm^3,100,cm^{-3}$ (MA), microporosidade em $cm^3,100,cm^{-3}$ (MI); teor de nitrogênio no solo em $g,kg^{-1}$ (N); relação C:N (C:N); índice de estabilidade de agregados (IEA); % de agregados do solo entre 2 a 4 mm em $g,kg^{-1}$ (PAS); estoques de carbono de raízes entre 0,65 a 2,5 cm em $Mg,ha^{-1}$ (ECR); estoques de carbono na biomassa vegetal subterrânea em $Mg,ha^{-1}$ (ECBVS) e estoques totais de carbono no solos em 2 m de profundidade (carbono das raízes +carbono total do solo) em $Mg,ha^{-1}$ (ECTS+BVS)	90
<b>Tabela 11</b>	Análise de variância para a variável dependente estoque de carbono na biomassa vegetal acima do solo (ECBVAS) em $Mg,ha^{-1}$ , dados transformados para $\log(y)$	102
<b>Tabela 12</b>	ECBVAS e ECBVS de cerrado e cerrado <i>stricto sensu</i> por camada, em $Mg,ha^{-1}$ até 2 m de distância da superfície do solo	104
<b>Tabela 13</b>	Análise de variância do modelo regressão da interação ambiente <i>versus</i> profundidade, observando o comportamento de cada ambiente ao longo das profundidades (variável independente - X), para as variáveis dependentes estoques de carbono total do solo em $Mg,ha^{-1}$ (ECTS), estoques de carbono orgânico do solo em $Mg,ha^{-1}$ (ECOS), Teor de argila em $g,kg^{-1}$ (TA), densidade do solo em $g,cm^{-3}$ (DS), densidade de partículas em $g,cm^{-3}$ (DP), macroporosidade em $cm^3,100,cm^{-3}$ (MA), microporosidade em $cm^3,100,cm^{-3}$ (MI), nitrogênio em $g,kg^{-1}$ (N), relação C:N (C:N), índice de estabilidade de agregados (IEA), partículas de agregados do solo entre 2 a 4 mm em $g,kg^{-1}$ (PAS), estoques de carbono de raízes entre 0,65 a 2,5 cm em $Mg,ha^{-1}$ (ECR), estoques de carbono na biomassa subterrânea em $Mg,ha^{-1}$ (ECBVS) e Estoques de carbono total (biomassa vegetal subterrânea + solo) em $Mg,ha^{-1}$ (ECTS+BVS), com os respectivos p-valor ( $Pr > F$ ) para o coeficiente angular da reta e coeficiente de determinação do modelo	105

## RELAÇÃO DE SÍMBOLOS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APG II	Angiosperm Phylogeny Group
C	Carbono
C:N	Relação carbono nitrogênio
C1; C2;C3	Cerradão 1;cerradão 2; cerradão 3
CC	Capacidade de campo
CFC	Clorofluorcarbonetos
CH4	Metano
CHNS/O	Carbono, hidrônio, nitrogênio, enxofre e oxigênio
CO2	Dióxido de carbono, também conhecido por Anidrido carbônico ou gás carbônico
COP	Conferência das Partes
COS	Carbono orgânico do solo
CQNUMA	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas
CRAS	Curva de Retenção de Água no solo
Cst1; Cst2; Cst3	Cerrado <i>stricto sensu</i> 1; Cerrado <i>stricto sensu</i> 2; Cerrado <i>stricto sensu</i> 3;
CV	Coefficiente de variação
DAB	Diâmetro à altura da base
DAP	Diâmetro à altura do peito
DP	Densidade de partículas do solo
DS	Densidade do solo
EA-UFG	Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás
ECBVS	Estoques de carbono na biomassa vegetal subterrânea
ECBAS	Estoques de carbono da biomassa vegetal acima do solo
ECOS	Estoques de carbono orgânico do solo
ECR	Estoques de carbono de raízes entre 0,65 a 2,5 cm
ECTS	Estoques de carbono total do solo
ECTS+ECBVS	Estoques de carbono total do solo + estoques de carbono da biomassa vegetal subterrânea
EOD	Entidade Operacional Designada
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GEE	Gases de efeito estufa

## RELAÇÃO DE SÍMBOLOS E SIGLAS

IEA	Índice de estabilidade de agregados
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - sigla em inglês para Intergovernmental Panel on Climate Change
LASF-UFG	Laboratório de Análises de Solo e Foliar, da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás
MA	Macroporos
MDL	Mecanismo de desenvolvimento limpo
Mg	Megagrama (é igual a uma tonelada)
Mg ha <sup>-1</sup>	Megagrama em um hectare
MI	Microporos
MOS	Matéria orgânica do solo
MPa	MegaPascal
N	Nitrogênio
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
NH <sub>3</sub>	Amônia, também conhecida por gás amoníaco ou amoníaco
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Volume total de poros do solo
PAS	Porcentagem de agregados do solo entre 2 a 4 mm
PFC	Perfluorcarbonetos
Pg	Petagrama, equivalente a 10 <sup>9</sup> toneladas
PMP	Ponto de murcha permanente
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PPGEMA	Programa de Pós-Graduação <i>Stricto Sensu</i> em Engenharia do Meio Ambiente
TA	Teor de argila
UEG	Universidade Estadual de Goiás
UFG	Universidade Federal de Goiás
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change, o mesmo que na sigla em português, CQNUMC- Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
θ <sub>r</sub>	Umidade residual
θ <sub>s</sub>	Umidade de saturação
Ψ	Potencial mátrico

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	18
<b>2.</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	19
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	20
<b>3.1</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b>	20
<b>3.2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	20
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	21
<b>4.1</b>	<b>O AQUECIMENTO GLOBAL E O PAPEL DA VEGETAÇÃO NATIVA NA ABSORÇÃO DO CARBONO ATMOSFÉRICO</b>	21
<b>4.1.1</b>	<b>Alterações climáticas globais - causas naturais e antrópicas</b>	21
<b>4.1.2</b>	<b>O efeito estufa</b>	24
<b>4.1.3</b>	<b>Gases potencialmente causadores do efeito estufa</b>	24
<b>4.1.4</b>	<b>A Convenção do Clima e o mercado de carbono</b>	25
<b>4.1.5</b>	<b>Os reservatórios de carbono</b>	27
<b>4.1.6</b>	<b>O papel das florestas no enfrentamento do aquecimento global e no fornecimento de outros serviços ambientais</b>	29
<b>4.2.</b>	<b>CERRADÃO E CERRADO <i>STRICTO SENSU</i>: AS DUAS FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO OBJETOS DESTE ESTUDO</b>	32
<b>4.3</b>	<b>DETERMINAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO NA BIOMASSA VEGETAL</b>	34
<b>4.4</b>	<b>DETERMINAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO NO SOLO</b>	36
<b>4.5</b>	<b>INDICADORES AMBIENTAIS RELACIONADOS AOS ESTOQUES DE CARBONO NA BIOMASSA E NO SOLO</b>	37
<b>4.6</b>	<b>ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO RELACIONADOS AOS ESTOQUES DE CARBONO NA BIOMASSA E NO SOLO</b>	39
<b>4.6.1</b>	<b>A matéria orgânica e teores de carbono do solo</b>	39
<b>4.6.2</b>	<b>Estrutura, teor de argila, agregação e porosidade do solo</b>	40
<b>4.6.3</b>	<b>Densidade do solo</b>	42
<b>4.6.4</b>	<b>Densidade de partículas em um solo</b>	42
<b>4.6.5</b>	<b>Retenção de água no solo e a utilização do índice S</b>	43
<b>4.7</b>	<b>COMPONENTE VEGETAL COMO INDICADOR DE ESTOQUES TOTAIS DA BIOMASSA VEGETAL E ESTOQUES DE CARBONO</b>	44
<b>4.8</b>	<b>O NITROGÊNIO E A MATÉRIA ORGÂNICA</b>	45
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	46
<b>5.1</b>	<b>ÁREAS REFERENCIAIS DE CERRADÃO E CERRADO <i>STRICTO SENSU</i></b>	47
<b>5.1.1</b>	<b>Critérios de seleção das áreas de estudo, representativas das fitofisionomias cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i></b>	47
<b>5.1.2</b>	<b>Localização das áreas estudadas</b>	47
<b>5.1.3</b>	<b>Relevo, solo e clima das áreas estudadas</b>	49

## SUMÁRIO

5.1.4	Composição florística e parâmetros fitofisionômicos das áreas referenciais	49
5.1.5	Verificação da qualidade ambiental das áreas referenciais	50
5.2	DELIMITAÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS PARA QUANTIFICAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO NA BIOMASSA VEGETAL E NO SOLO	51
5.3	QUANTIFICAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO DA BIOMASSA VEGETAL	53
5.3.1	Quantificação da biomassa vegetal fresca em campo	53
5.3.2	Preparo de amostras dos compartimentos vegetais para determinação dos teores de matéria seca e carbono	56
5.3.3	Determinação dos teores de matéria seca e carbono das amostras	57
5.3.4	Quantificação dos estoques de carbono na biomassa vegetal	58
5.4	QUANTIFICAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO TOTAL E CARBONO ORGÂNICO EM SOLOS DE CERRADO E DE CERRADO <i>STRICTO SENSU</i>	58
5.4.1	Coleta de campo das amostras para determinação de carbono total e carbono orgânico de solo	59
5.4.2	Determinação dos teores de carbono total do solo	59
5.4.3	Determinação dos teores de carbono orgânico do solo	60
5.4.4	Determinação dos estoques de carbono total do solo e carbono orgânico em cerradão e cerrado <i>stricto sensu</i>	60
5.5	DETERMINAÇÃO DO NITROGÊNIO TOTAL DO SOLO E DA RELAÇÃO CARBONO/NITROGÊNIO	61
5.6	DETERMINAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO RELACIONADOS AOS ESTOQUES DE CARBONO	61
5.7	SELEÇÃO DE COMPONENTE VEGETAL PARA COMPOR CONJUNTO DE INDICADORES DE ESTOQUES DE CARBONO	64
5.8	TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS	64
6	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	65
6.1	CARACTERIZAÇÃO FITOFISIONÔMICA DAS ÁREAS DE CERRADÃO E CERRADO <i>STRICTO SENSU</i>	65
6.2	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS ÁREAS DE REFERÊNCIA DE CERRADÃO E CERRADO <i>STRICTO SENSU</i> MEDIANTE CRITÉRIO DO ÍNDICE S DA CRAS	70
6.3	QUANTIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO DA BIOMASSA VEGETAL EM CERRADÃO E EM CERRADO <i>STRICTO SENSU</i>	72
6.4	COMPORTAMENTO DOS INDICADORES DOS ESTOQUES DE CARBONO EM CERRADÃO E EM CERRADO <i>STRICTO SENSU</i>	85
	<b>CONCLUSÕES</b>	107
	<b>PERSPECTIVAS E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS</b>	108
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	109