



Instituto Ecológica
Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente
Palmas - Tocantins - Brasil / www.ecologica.org.br



WINROCK
INTERNATIONAL

Programa Jurisdicional de Redução de Emissões pelo Desmatamento e Degradação (REDD+), no Estado do Tocantins.

Produto III: Relatório contendo as informações sobre o estoque de carbono das diferentes fitofisionomias florestais do estado do Tocantins



www.ecologica.org.br
Instituto Ecológica Palmas/TO
Quadra 103 Sul, Rua SO-01, Lote 01, Sala 901
Edifício JK Business Center | Palmas/TO
CEP 77.015-014

www.sustainablecarbon.com
Sustainable Carbon
Rua Dr. Bacelar, 368, Conj 23
Vila Clementino | São Paulo/SP
CEP 04026-001

www.winrock.org
Winrock International
2121 cristal Drive, suite 500
Arlington, VA 22202, EUA



Sumário

Item	Pág.
1	Introdução..... 6
2	Metodologia utilizada no Inventário Florestal do Tocantins (IF-TO)..... 8
2.1	Planejamento das atividades de campo de inventário florestal..... 8
2.2	Estimativas da biomassa, volume e carbono por fitofisionomia realizado pela equipe do IFTO..... 13
2.2.1	Cerrado sentido restrito (stricto sensu) e parque de cerrado..... 13
2.2.2	Matas de galeria e ciliar, floresta estacional, ecótono (floresta estacional/ombrófila), floresta ombrófila e cerradão..... 14
3	Análise dos dados oriundos do Inventário Florestal do Tocantins (IF-TO)..... 17
3.1	Metodologia de compilação dos dados de estimativas de biomassa aérea e carbono aéreo..... 17
3.2	Estimativas da biomassa e carbono aéreo por parcela e por fitofisionomia..... 20
3.3	Análise das equações utilizadas no Inventário Florestal do Tocantins..... 23
3.3.1	Análise da equação de Rezende et al. (2006)..... 24
3.3.2	Equação de biomassa de Higuchi et al (1998)..... 27
3.4	Estatísticas descritivas dos valores de carbono lenhoso aéreo para as diferentes fitofisionomias do Inventário Florestal – TO..... 30
4	Estimativas de biomassa e carbono total por fitofisionomia em consonância com o FREL Cerrado e Amazônia Nacional..... 42
4.1	Classificação das fitofisionomias descritas no IF-TO conforme nomenclatura de classes apresentadas no FREL Cerrado e Amazônia..... 44
4.2	Estimativa de biomassa e carbono, a partir da metodologia descrita no FREL Cerrado e FREL Amazônia..... 48
4.2.1	Metodologia utilizada para produção de estimativas, a partir do FREL Cerrado..... 48
4.2.2	Metodologia utilizada para produção de estimativas, a partir do FREL Amazônia..... 51
4.3	Resultados das estimativas de biomassa e carbono, de acordo como FREL Cerrado e FREL Amazônia 53
4.3.1	Resultados das estimativas de biomassa e carbono para o bioma Cerrado, de acordo como FREL Cerrado 53
4.3.2	Resultados das estimativas de biomassa e carbono para o bioma Amazônia, de acordo como FREL Amazônia..... 57
4.4	Estatísticas descritivas dos valores de carbono lenhoso e carbono total para as diferentes fitofisionomias..... 60
5	Considerações Finais..... 68
	Referências..... 69
	ANEXOS 72
	ANEXO 1 - Lista de arquivos de planilhas de dados e resultados em formato excel..... 72
	ANEXO 2 - Sugestões para extrapolação do valor da biomassa e carbono para as áreas de sua respectiva tipologia..... 73
	Equipe Chave..... 77



Lista de Tabelas

Tabela		Pág.
1	Métodos de amostragem para as fitofisionomias dos biomas Cerrado e Amazônia, utilizados no Inventário Florestal do Tocantins, adaptado de Felfili; Carvalho; Haidar (2005).....	12
2	Modelos alométricos e fatores de expansão e conversão, utilizados para a produção de estimativas de biomassa e carbono no IF-TO.....	13
3	Número total de parcelas do inventário florestal por faixa do Estado do Tocantins – IF-TO.....	18
4	Quantidade de parcelas do inventário florestal por fitofisionomia e por faixa do estado do Tocantins (IF-TO).....	19
5	Valores médios estimados da biomassa lenhosa aérea e carbono lenhoso aéreo por fitofisionomia, calculados pela equipe do IF-TO.....	22
6	Distribuição diamétrica da amostragem realizada por Rezende et al. (2006) para o desenvolvimento da equação de carbono lenhosos aéreo.....	25
7	Análise estatística descritiva dos valores de carbono aéreo obtido por fitofisionomia estudada no IF-TO.....	41
8	Estimativas e estatística descritiva do estoque de carbono acima do solo (AGC) de árvores nas fitofisionomias do bioma Cerrado no estado do Tocantins, a partir do FREL Cerrado.....	61
9	Estimativas e estatística descritiva do estoque de carbono total das árvores (TTC) nas fitofisionomias do bioma Cerrado no Estado do Tocantins, partir do FREL-Cerrado, $TTC = AGC + BGC$	62
10	Estimativas e estatística descritiva do estoque de carbono total (TC) nas fitofisionomias do bioma Cerrado no Estado do Tocantins, a partir do FREL-Cerrado, $TC = AGC + BGC + LTC + DWC$	63
11	Estimativas e estatística descritiva do estoque de carbono acima do solo (AGC) de árvores nas fitofisionomias do bioma Amazônia no Estado do Tocantins, a partir do FREL Amazônia.....	64
12	Estimativas e estatística descritiva do estoque de carbono de vegetação acima do solo (AGVC) incluindo todas as árvores, palmeiras e lianas nas fitofisionomias do bioma Amazônia no Estado do Tocantins, a partir do FREL Amazônia.....	65
13	Estimativas e estatística descritiva do estoque de carbono total (TC) nas fitofisionomias do bioma Amazônia no Estado do Tocantins, a partir do FREL Amazônia.....	66
14	Estimativas e estatística descritiva de estoques de carbono em diferentes compartimentos para cerrado sentido restrito (savana arborizada = Sa) no bioma Amazônia no estado do Tocantins, a partir do FREL-Cerrado: carbono acima do solo de árvores (AGB), carbono total de árvores (TTC), composto pelo AGB e abaixo do solo (BGB); carbono total (TC), composto pelo AGB, BGB, carbono da serapilheira (LTC) e carbono da madeira morta (DWC).....	67
15	Médias de carbono total (TC) por classe de vegetação nas faixas Norte, Centro e Sul do Estado, conforme realizado pelo IF-TO, para os biomas Amazônia e Cerrado no Tocantins, estimadas no presente estudo e valores de referência do FREL-Cerrado e FREL-Amazônia nacional.....	74
16	Médias de carbono total (TC) por classe de vegetação nas bacias do Estado, conforme realizado pelo IF-TO, para os biomas Amazônia e Cerrado no Tocantins, estimadas no presente estudo.....	76



Lista de Quadros

Quadro		Pág.
1	Fitofisionomias identificadas no Inventário Florestal do Tocantins e suas respectivas características gerais.....	20
2	Classificação das fitofisionomias descritas no IF-TO por faixa de estudo, em relação à classificação da vegetação utilizada no FREL Cerrado e Amazônia.....	45
3	Resumo da classificação das fitofisionomias descritas no IF-TO em relação à classificação utilizada no FREL Cerrado e Amazônia.....	46
4	Descrição das características de cada fitofisionomia conforme a classificação da vegetação brasileira de acordo com utilizado no FREL Cerrado e Amazônia - IBGE (2012), relacionadas às fitofisionomias identificadas no Inventário Florestal do Tocantins.....	47
5	Valores médios de referência e fatores de expansão para estimar a biomassa abaixo do solo (BGB) (raízes), a biomassa da madeira morta (DWB) e a biomassa da serapilheira (LTB), a partir da biomassa acima do solo (AGB) de árvores, para as diferentes classes de vegetação do IBGE, utilizados no FREL Cerrado, e respectivas fontes.....	50
6	Estimativas do estoque médio de carbono por compartimento e de CO ₂ para fitofisionomias situadas no bioma Cerrado no estado de Tocantins, calculadas a partir de valores médios e fatores de expansão adotados no FREL Cerrado.....	55
7	Comparação das estimativas de biomassa e de carbono do componente lenhoso, considerando a razão raiz: parte aérea de 1,66 (MIRANDA et al. 2014) e de 3,465 (CASTRO; KAUFFMAN, 1998), para cerrado sentido restrito (savana arborizada - Sa) – bioma Cerrado.....	56
8	Estimativas do estoque médio de carbono por compartimento e de CO ₂ para fitofisionomias no bioma Amazônia no Tocantins, calculadas a partir de fatores de expansão adotados no FREL Amazônia para florestas e no FREL Cerrado para fisionomias savânicas.....	58
9	Valores médios de carbono total (TC) para cada bioma (Amazônia e Cerrado), por classe de vegetação do IBGE (FREL Cerrado e FREL Amazônia) e fitofisionomias no IF-TO.....	59



Lista de Figuras

Figura		Pág.
1	Distribuição das parcelas de Inventário Florestal do Tocantins, em cada bacia hidrográfica.....	10
2	Diferentes fitofisionomias do bioma Cerrado consideradas pelos autores do Inventário Florestal do Tocantins.....	11
3	Distribuição dos erros do modelo alométrico de carbono aéreo de Rezende et al. (2006).....	26
4	Histogramas de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo do cerrado no IF-TO.....	33
5	Histogramas de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo do cerrado sentido restrito no IF-TO.....	33
6	Histogramas de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta estacional decidual e semidecidual no IF-TO.....	34
7	Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta estacional e ombrófila no IF-TO.....	34
8	Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta estacional e ombrófila (carrasco alto) no IF-TO.....	35
9	Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta estacional semidecidual aluvial no IF-TO.....	35
10	Histogramas de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta estacional semidecidual de submontana no IF-TO.....	36
11	Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta ombrófila densa no IF-TO.....	36
12	Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta ombrófila densa (Araguaia) no IF-TO.....	37
13	Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta ombrófila aberta aluvial no IF-TO.....	37
14	Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo das ipucas segundo Inventário Florestal do Tocantins.....	38
15	Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da mata ciliar no IF-TO.....	38
16	- Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da mata de galeria no IF-TO.....	39
17	- Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da mata de galeria e ciliar no IF-TO.....	39
18	Ocorrência do bioma Amazônia no Brasil e no estado do Tocantins.....	42
19	Distribuição das parcelas de inventário florestal nos biomas Amazônia e Cerrado, no estado do Tocantins.....	43

1. Introdução

A elaboração do III Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (GEE) para o setor de uso da terra, mudança do uso da terra e florestas (LULUCF) e a elaboração e submissão do nível de referência de emissão florestal (FREL) para o bioma do Cerrado e da Amazônia, são ações governamentais do Brasil que visam reduzir as emissões de GEE especialmente devido ao desmatamento.

O Brasil teve a oportunidade de apresentar o FREL para o bioma do Cerrado em 2017, para uma avaliação técnica no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC), no contexto de pagamentos baseados em resultados para reduzir emissões de desmatamento e degradação florestal e o papel da conservação, manejo sustentável das florestas e aumento dos estoques de carbono florestal em países em desenvolvimento (REDD+).

Devido à significância, “o desmatamento no bioma Cerrado é o segundo na escala de prioridade de relato à UNFCCC. Junto com o bioma Amazônia, constitui em área aproximadamente 73% do território brasileiro”. Sendo assim, em 2015 o Grupo de Trabalho Técnico sobre REDD+ (GTT REDD+) iniciou os debates sobre elementos necessários para a submissão do FREL Cerrado, o qual foi concluído em 2016 (MMA, 2018).

O Governo do Tocantins tem desenvolvido ações que buscam melhorar o sistema de proteção ambiental e de gestão do território, nesse sentido, proporcionou a realização do Mapeamento das Regiões Fitoecológicas e o Inventário Florestal do Tocantins (IF-TO), o qual foi desenvolvido no escopo do Projeto de Desenvolvimento Regional Sustentável (PDRS), sendo executado com recursos do Tesouro Estadual e do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD) (HAIDAR; DIAS; FELFILI, 2013).

Destaca-se ainda que o Tocantins tem sido um Estado de vanguarda, com relação às questões ambientais em diversos temas, como a elaboração da Política Estadual de Fomento e Incentivo a Serviços Ambientais, bem como à Reformulação da Política Estadual de Mudanças Climáticas do Estado do Tocantins, as quais têm inserção direta e podem subsidiar as políticas de REDD+.

O presente trabalho teve-se como objetivo compilar, organizar e analisar os dados secundários referentes às estimativas de biomassa e estoque de carbono lenhoso aéreo por fitofisionomia dos biomas Cerrado e Amazônia, contidos nos relatórios do Inventário Florestal do Tocantins (IF-TO) realizado em 2013. Contudo houve a ampliação deste objetivo, uma vez que foi estimado o estoque de carbono total por fitofisionomia, por unidade de área considerando todos os compartimentos (reservatórios), utilizando



Instituto Ecológica

Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente
Palmas - Tocantins - Brasil / www.ecologica.org.br



WINROCK
INTERNATIONAL

valores médios e fatores de expansão de literaturas científicas adotadas na elaboração do FREL do Cerrado e FREL Amazônia nacional.

Os resultados obtidos nesse produto subsidiarão o planejamento e implementação do Programa Jurisdicional de Redução de Emissões pelo Desmatamento e Degradação (REDD+), no estado do Tocantins.



2. Metodologia utilizada no Inventário Florestal do Tocantins (IF-TO)

O resumo da metodologia adotada pela equipe do IF-TO, descrito no presente documento e neste item, foi extraído em grande parte na íntegra do Relatório do Mapeamento das Regiões Fitoecológicas e o Inventário Florestal do Tocantins (HAIDAR; DIAS; FELFILI, 2013).

2.1 – Planejamento das atividades de campo de inventário florestal

Os serviços de mapeamento das regiões fitoecológicas e Inventário Florestal do Tocantins (IF-TO) teve como objetivo, de caracterizar e cartografar as regiões fitoecológicas e realizar o inventário florestal do Tocantins em escala 1:100.000, com amostragem nas diferentes fitofisionomias, para subsidiar os procedimentos de averbação de Áreas de Reserva Legal (ARLs), licenciamento ambiental e planejamento do uso da terra, conservação e proteção ambiental da cobertura vegetal primitiva em bom estado de conservação (HAIDAR; DIAS; FELFILI, 2013).

A realização do Inventário Florestal do Tocantins (IF-TO) gerou dados do volume de material lenhoso, a biomassa vegetal, o estoque de carbono e o potencial de uso madeireiro e não madeireiro das fitofisionomias amostradas nas bacias hidrográficas do Estado do Tocantins.

Para o planejamento das atividades de campo, o Estado que possui 30 bacias hidrográficas foi dividido em três grandes faixas (Sul, Centro e Norte), onde foram selecionadas as áreas mais íntegras de cada bacia hidrográfica para amostragem.

As fitofisionomias mais expressivas de cada bacia hidrográfica localizada em cada faixa do Estado, foram amostradas através de 1.935 parcelas de inventário florestal, distribuídas em todo o Estado, totalizando área de cerca de 92,79 ha (Figura 1).

Para a realização da seleção das áreas para inventário florestal, a equipe do IF-TO utilizou a base de dados do projeto VegTocantins, em ambiente ArcGIS, onde analisaram os planos de informação de: cobertura e uso da terra (ano 2007) elaborado em escala 1:100.000, pertencente ao Projeto Estudo da Dinâmica da Cobertura e Uso da Terra no Estado do Tocantins; (ii) vegetação do Banco de Dados do Censipam em escala 1:250.000; (iii) o mosaico de imagem Landsat 2007.

Com base nesses planos de informação, identificaram-se as áreas de remanescentes das unidades fitofisionômicas cartografadas nas faixas Sul, Centro e Norte. Observou-se que os polígonos das diferentes fitofisionomias apresentavam variadas dimensões, em virtude do maior ou menor grau de antropismo.



Pretendendo obter uma ampla amostragem das fitofisionomias por bacias, estabeleceram-se três critérios para a seleção das áreas-alvo para os trabalhos em campo:

- (i) identificar polígonos de fitofisionomias em bom estado de conservação e com mais de 10.000 ha;
- (ii) abranger um número maior de fitofisionomias, permitindo a seleção de polígonos com fitofisionomias conservadas e área com mais de 5.000 ha;
- (iii) incluir áreas com importâncias florísticas não selecionadas nos dois critérios anteriores.

Usou-se, para a aplicação desses critérios, o plano de informação de cobertura e uso da terra (ano 2007) em escala 1:100.000. No ArcGIS, aplicou-se o primeiro critério quando foram selecionados polígonos de remanescentes de vegetação das fitofisionomias de cerrado sentido restrito (*cerrado stricto sensu*), parques de cerrado (cerrado inundável), floresta estacional semidecidual aluvial (matas ciliares inundável e não inundável) e cerradão.

Com a insuficiência de áreas de floresta para amostragem, aplicou-se o segundo critério para a seleção de polígonos. Com ele, selecionou-se uma maior quantidade de formações florestais (floresta estacional e cerradão) e mais áreas de vegetação de cerrado sentido restrito.

Com o terceiro critério de seleção, conseguiu-se encontrar outras formações vegetais, como os campos e matas de galeria que se apresentavam em áreas descontínuas com dimensões inferiores a 5.000 ha, seja por efeitos da ação antrópica ou pelo padrão natural de ocorrência dessas fitofisionomias.

As áreas de interesse identificadas em terra indígena e unidades de conservação federal não foram amostradas em função das dificuldades de obtenção de autorizações para a realização dos levantamentos. Uma vez identificadas as áreas segundo os três critérios, fez-se a seleção das áreas prioritárias para os trabalhos de campo, considerando a máxima distribuição delas por toda a extensão das bacias e em diferentes situações de relevo e tipos de associações de solos.

Durante a espacialização das parcelas do inventário florestal, buscou-se cobrir toda a área selecionada por meio da distribuição equidistante entre parcelas, levando-se em consideração as vias de acesso. O modelo da amostragem procurou, assim, cobrir o máximo possível da diversidade paisagística de cada área, sendo as parcelas foram alocadas em áreas com o mínimo de alteração antrópica possível.

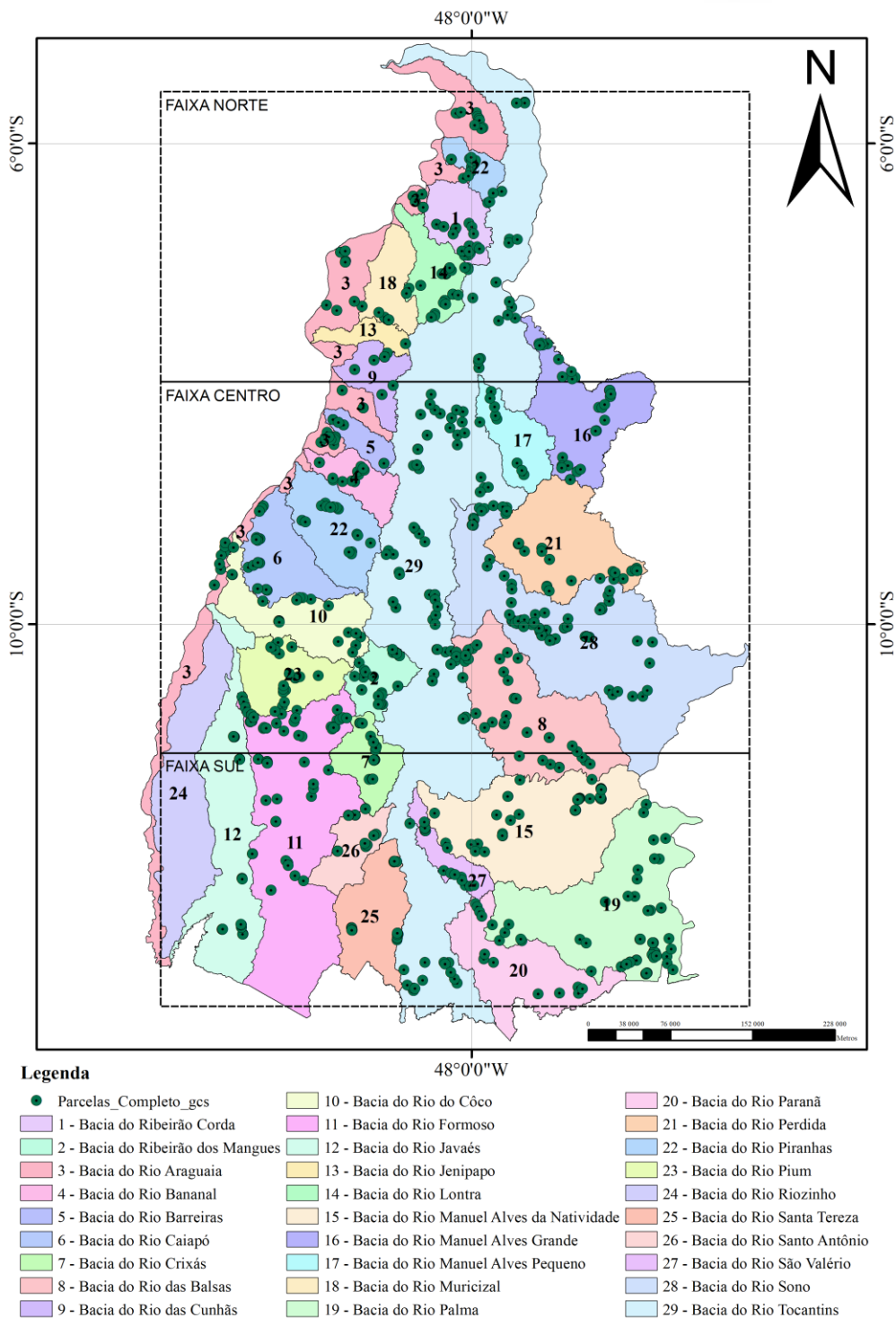


Figura 1 – Distribuição das parcelas de Inventário Florestal do Tocantins, em cada bacia hidrográfica

Nas parcelas de todas as fitofisionomias, identificou-se, quando possível, o nome científico de cada indivíduo arbóreo e mensurou-se, com suta (formações savânicas) e fita métrica (formações



florestais), o diâmetro dos troncos de todos os indivíduos acima do limite de inclusão (5 cm). Foram medidas a altura total, tendo por base a projeção do tronco na base do solo até a última gema foliar, e a altura comercial (do nível do solo até a primeira bifurcação considerável) de todos os indivíduos dentro do limite de inclusão.

A classificação quanto às fitofisionomias do bioma Cerrado, adotada pelos autores, foi a preconizada por Ribeiro; Walter (2008), conforme Figura 2.



Figura 2. Diferentes fitofisionomias do bioma Cerrado consideradas pelos autores do Inventário Florestal do Tocantins. Fonte: Ribeiro; Walter (2008)

Durante o inventário florestal, realizou-se a caracterização do meio físico dentro das parcelas, por meio de informações sobre: tipo de solo, declividade e presença de afloramentos rochosos. Anotou-se, como estado de conservação da vegetação dentro das parcelas, evidências de passagem recente de fogo, vestígios de entrada de gado (uso como pastagem extensiva) e registros de corte seletivo de determinadas espécies de árvores. As espécies de palmeiras existentes nas parcelas foram identificadas e registradas na planilha de campo, embora não se tenha realizado mensuração ou contagem dessas.

A equipe utilizou como método de trabalho para o inventário florestal das fitofisionomias do bioma Cerrado, as diretrizes propostas no Manual de Parcelas Permanentes dos biomas Cerrado e Pantanal (FELFILI; CARVALHO; HAIDAR, 2005).

O tamanho e forma das parcelas adotadas para cada fitofisionomia buscaram captar toda a variação, não só florística como também estrutural, de cada formação (Tabela 1).

Tabela 1 - Métodos de amostragem para as fitofisionomias dos biomas Cerrado e Amazônia, utilizados no Inventário Florestal do Tocantins, adaptado de Felfili; Carvalho; Haidar (2005)

Fitofisionomias	Tipo de amostragem	Tamanho das	Altura de medição do	Limite de
www.ecologica.org.br Instituto Ecológica Palmas/TO Quadra 103 Sul, Rua SO-01, Lote 01, Sala 901 Edifício JK Business Center Palmas/TO CEP 77.015-014	www.sustainablecarbon.com Sustainable Carbon Rua Dr. Bacelar, 368, Conj 23 Vila Clementino São Paulo/SP CEP 04026-001		www.winrock.org Winrock International 2121 cristal Drive, suite 500 Arlington, VA 22202, EUA	



		parcelas (m)	tronco (m)	inclusão (cm)
Cerrado sentido restrito	Aleatório	20 x 50	0,30m do solo	5
Cerradão	Aleatório	20 x 50	1,30m do solo	5
Mata de galeria	Sistemática (parcelas contíguas em faixa)	10 x 10	1,30m do solo	5
Mata ciliar	Sistemática (parcelas contíguas em faixa)	10 x 10	1,30m do solo	5
Floresta estacional	Aleatório	20 x 20	1,30m do solo	5
Floresta ombrófila	Aleatório	20 x 20	1,30m do solo	5
Ecótono (Floresta estacional/ombrófila)	Aleatório	20 x 20	1,30m do solo	5

Fonte: Haidar; Dias; Felfili (2013)

O tipo de amostragem adotado para as fitofisionomias foi o aleatório, com exceção para a mata de galeria e mata ciliar, que utilizou a amostragem sistemática.

Os autores utilizaram-se parcelas maiores para cerrado sentido restrito (*stricto sensu*) e cerradão, devido à maior heterogeneidade na distribuição das árvores, que ocorrem em moitas e outras vezes isoladas, diferente de ambientes florestais, cujo espaçamento entre as árvores, em geral, é mais homogêneo.

Para as matas de galeria e ciliar, utilizaram-se parcelas menores, tendo em vista que, muitas vezes, essas vegetações ribeirinhas apresentam-se naturalmente em faixas estreitas, acompanhando cursos d'água. Nas matas de galeria, analisaram-se os gradientes de inclinação e de umidade, e também as diferenças entre os ambientes: próximos ao curso d'água principal, seus tributários e nascentes, de borda da mata, clareiras e dossel fechado. Foram alocadas, de forma sistemática (50 a 100 m de distância uma das outras), linhas de amostragem (20 m de largura) perpendiculares aos cursos d'água. Cada linha atravessou a mata de galeria de uma borda (margem do curso d'água) à outra (interface com outra fitofisionomia ou área antropizada). A tentativa foi abranger todo o contínuo vegetacional do gradiente: borda com vegetação de interface, córrego e borda com vegetação de interface novamente.

As parcelas nas matas de galeria e ciliar foram sempre subdivididas em 10 x 10 m, sendo essa a unidade mínima de trabalho.

Para a análise da vegetação das florestas estacionais (decidua e semidecidua), ecótono (floresta estacional/ombrófila) e floresta ombrófila, os fragmentos florestais foram divididos em faixas de 20 m de largura, perpendiculares a determinado gradiente ambiental (e.g., encosta). Nessas faixas, foram estabelecidas parcelas de 20 x 20 m. Procedeu-se ao sorteio de faixas para amostragem e, em seguida, ao sorteio de parcelas nas faixas.

2.2 – Estimativas da biomassa e carbono por fitofisionomia realizado pela equipe do IF-TO



A metodologia empregada pela equipe do IF-TO, para estimar a biomassa e carbono por fitofisionomia, a partir dos dados coletados nas parcelas de inventário florestal, encontra-se apresentada de forma resumida a seguir.

2.2.1 – Cerrado sentido restrito (*stricto sensu*) e parque de cerrado

No IF-TO foram calculados dois “tipos de valores” para carbono: o carbono acima do solo das árvores (AGC), e o carbono total (TC), que inclui o AGC e o carbono abaixo do solo (de raízes) (BGC). O AGC foi calculado a partir da equação alométrica de Rezende et al. (2006), enquanto o TC foi calculado baseado em outra equação alométrica: equação de Delitti et al. (2006) para biomassa acima do solo (AGB) das árvores, seguida da aplicação de fatores de expansão para biomassa abaixo do solo (raízes) (BGB) e conversão para carbono (Tabela 2). O presente estudo, por sua vez, produziu estimativas, de acordo com a metodologia apresentada no FREL-Cerrado. Portanto, foram produzidas estimativas para todos os compartimentos considerados no FREL-Cerrado, com aplicação dos mesmos fatores de expansão conversão.

Tabela 2 – Modelos alométricos e fatores de expansão e conversão, utilizados para a produção de estimativas de biomassa e carbono no IF-TO

Componente	Equação	Autores
<i>AGC</i>	$AGC = [-0,24564 + 0,01456 \cdot Db^2 \cdot Ht]$	Rezende et. al. (2006)
<i>AGB</i>	$AGB = 28,77 \cdot Db^2 Ht$	Delitti et al. (2006)
<i>BGB</i>	$BGB = 2,75 \cdot AGB$	Felfili (2008)
<i>TB</i>	$TB = AGB + BGB$	Castro; Kauffman (1999)
TC	$TB = 0,5 \cdot AGB$	Felfili (2008)

AGC = carbono acima do solo das árvores (kg), *Db* = diâmetro de base (cm), *Ht* = altura (m), *BGB* = biomassa abaixo do solo (raízes) (g), *TB* = biomassa total das árvores, *TC* = carbono total das árvores (kg)

Assim, as estimativas aqui produzidas foram baseadas somente nos valores de AGC (equação de REZENDE et al., 2006), aos quais foram aplicados os fatores de expansão e conversão do FREL-Cerrado. Enquanto os valores TC do IF-TO (produzidos a partir da equação de Delitti et al. (2006) e fatores expansão e conversão do IF-TO) não foram utilizados nesse estudo. Por essa razão, as análises das equações para savana arborizada (seção 3.3.1) se concentraram na equação de Rezende et al. (2006).



2.2.2 - Matas de galeria e ciliar, floresta estacional, ecótono (floresta estacional/ombrófila), floresta ombrófila e cerrado

No IF-TO não foram calculadas estimativas para biomassa abaixo do solo (BGB) de florestas. A justificativa apresentada no IF-TO foi a de que havia poucos estudos divulgados para estimativas em florestas tropicais úmidas ou secas do Brasil. No IF-TO foram citados os estudos para florestas ombrófilas do Brasil (SALOMÃO; NEPSTAD; VIEIRA, 1996), Gana (GREENLAND; KOWAL, 1960) e Venezuela (JORDAN; UHL, 1978), nos quais foram obtidas relações AGB:BGB de 4:1, 4:1 e 5:1, respectivamente. Essas razões sugerem que, em florestas, o componente de BGB compreende de 20-25% da AGB. Essa relação também deve ocorrer em matas de galeria e ciliar do bioma Cerrado. Para florestas estacionais, foram obtidas razões parte AGB:BGB de 2:1 e 1:1 em estudos realizados no México (CASTELLIANUS; MAASS; KUMMEROW, 1991) e em Porto Rico (MURPHY; LUGO, 1986), respectivamente.

No IF-TO foram estimados o AGC das árvores, derivado das estimativas de AGB (estimado com a equação de biomassa fresca acima do solo (AGB_{fresca}) de Higuchi et al., 1998) e aplicação de fatores de conversão para biomassa seca (AGB_{seca}) e carbono acima do solo (AGC).

a) Biomassa acima do solo das árvores (AGB)

A AGB foi obtida, primeiramente a partir da estimativa da biomassa fresca acima do solo (AGB_{fresca}), com a equação derivada de Higuchi et al. (1998) para uma floresta ombrófila de terra firme do Amazonas.

$$AGB_{fresca} = 0.077 + 0.492 \cdot DAP_{dap \geq 20}^2 cm * Ht$$

Onde: AGB_{fresca} = biomassa fresca acima do solo das árvores (t); DAP = diâmetro a altura do peito (m), Ht = altura total (m)

b) Fator de conversão de AGB_{fresca} para AGB_{seca}

Para converter as estimativas de AGB_{fresca} em AGB_{seca} , foi aplicado um fator de conversão (de 0,6) derivado do mesmo estudo de Higuchi et al. (1998).

$$AGB_{seca} = AGB_{fresca} \cdot 0,6$$



Onde: AGB_{seca} biomassa arbórea acima do solo (t); DAP = diâmetro a altura do peito (m), Ht = altura total (m)

Esse fator de conversão foi derivado, da seguinte forma, a partir de dados de peso úmido e peso seco dos compartimentos, tronco e copa das árvores coletadas (HIGUCHI et al., 1998).

Em Higuchi et al. (1998), foram apresentadas as seguintes relações:

$$1) \text{ } AGB_{seca} (\text{árvore}) = AGB_{seca} (\text{tronco}) + AGB_{seca} (\text{copa})$$

Onde $AGB_{seca} (\text{árvore})$ = biomassa acima do solo (AGB) seca da árvore, $AGB_{seca} (\text{tronco})$ = AGB seca do tronco, $AGB_{seca} (\text{copa})$ = AGB seca da copa.

1) Contribuição percentual de tronco (65,5%) e copa (34,4%) para o peso total das árvores:

$$AGB_{fresca} (\text{tronco}) = 0,656 \cdot AGB_{fresca} (\text{árvore})$$

$$AGB_{fresca} (\text{copa}) = 0,344 \cdot AGB_{fresca} (\text{árvore})$$

Onde $AGB_{fresca} (\text{tronco})$ = AGB fresca do tronco, $AGB_{fresca} (\text{árvore})$ = AGB fresca da árvore, $AGB_{fresca} (\text{copa})$ = AGB fresca da copa.

2) Contribuição percentual do peso seco de tronco (61%) e da copa (58%) para seu peso fresco.

$$AGB_{seca} (\text{tronco}) = 0,61 \cdot AGB_{fresca} (\text{árvore})$$

$$AGB_{seca} (\text{copa}) = 0,58 \cdot AGB_{fresca} (\text{árvore})$$



Assim, tem-se que:

$$AGB_{seca(árvore)} = (0,61 \cdot AGB_{fresca(árvore)}) + (0,58 \cdot AGB_{fresca(árvore)})$$

Ao incluir, em uma só equação, a contribuição dos componentes, tronco e copa das árvores e sua proporção de matéria seca, tem-se:

$$AGB_{seca(árvore)} = [(0,656 \cdot AGB_{fresca(árvore)}) \cdot 0,61] + [(0,344 \cdot AGB_{fresca(árvore)}) \cdot 0,58]$$

Ao colocar $AGF_{fresca(árvore)}$ em evidência, tem-se:

$$AGB_{seca(árvore)} = (0,3965 \cdot AGB_{fresca(árvore)}) + (0,972 \cdot AGB_{fresca(árvore)})$$

$$AGB_{seca(árvore)} = 0,6 \cdot AGB_{fresca(árvore)}$$

c) Fator de conversão de AGB para AGC

No IF-TO, a conversão de AGB da árvore para AGC foi obtida com a multiplicação do fator de conversão (de 0,5), consagrado na literatura (HIGUCHI et al., 1998).

$$AGC = AGB_{seca(árvore)} \cdot (0,5)$$

Onde: AGC = Carbono acima do solo das árvores (kg); AGB = Biomassa seca acima do solo das árvores

Ressalta-se que no presente estudo, foram utilizados os fatores de conversão do FREL Cerrado (de 0,47). Assim, os valores de AGC do IF-TO foram convertidos em AGB, para aplicação do fator de conversão do FREL-Cerrado.

3 - Análise dos dados oriundos do Inventário Florestal do Tocantins (IF-TO)

Para a realização da análise geral dos dados, os quais foram obtidos a partir dos relatórios do IF-TO, houve a necessidade de realizar algumas etapas, haja vista que os dados originais coletados em campo nas parcelas não foram disponibilizados e sim apenas os relatórios do Inventário Florestal do Tocantins (formato em pdf), que contém os resultados das estimativas de biomassa e carbono em tabelas.

Nesse contexto as atividades desenvolvidas nesta fase passaram por quatro etapas:



- 1) Compilação dos dados secundários, oriundos das tabelas contidas nos relatórios do Inventário Florestal do Tocantins;
- 2) Organização das estimativas da biomassa e carbono aéreo por parcela, bacia hidrográfica e por fitofisionomia;
- 3) Realização de uma análise das equações alométricas utilizadas pela equipe do IF-TO;
- 4) Realização de análise estatística descritiva dos valores estimados de carbono lenhoso aéreo para as diferentes fitofisionomias do IF-TO.

Após a realização dessas etapas e a partir das estimativas de biomassa aérea e de carbono aéreo por parcela, calculadas pela equipe do IF-TO, a equipe do presente trabalho desenvolveu suas atividades referentes aos cálculos do estoque de carbono total por fitofisionomia nos dois biomas que ocorrem no Estado (Cerrado e Amazônia), em consonância com a metodologia para elaboração do FREL Cerrado e FREL Amazônia do Brasil.

3.1 – Metodologia de compilação dos dados de estimativas de biomassa aérea e carbono aéreo

Conforme informado acima, a equipe do presente trabalho teve acesso apenas aos relatórios finais das atividades de Inventário Florestal e base de dados geográficos das parcelas.

Com o auxílio de uma rotina algorítmica em linguagem Python, utilizou-se de uma biblioteca que possui a funcionalidade de ler os atributos locais da documentação em pdf, seus textos, figuras, imagens, tabelas e demais elementos gráficos.

Assim sendo, o programa desenvolvido teve a função de transformar estes dados textuais alocados em tabelas reconhecidas por esta subrotina em uma variável matricial manipulável que pode ser exportada em formatos de planilha por intermédio de outra função também gratuitamente disponível em Python.

Com isto obteve-se todas as tabelas dos relatórios técnicos referidos e dados secundários para esta análise em planilha excel.

Foram portanto disponibilizados os dados contendo a estimativa de biomassa e de carbono nas parcelas, contidas no plano de amostragem da equipe que realizou o Inventário Florestal, assim como, a estimativa de carbono e de biomassa aérea por espécie. Entretanto não obteve-se, os itinerários finais de coleta no sistema de navegação Trackmaker e nem qualquer outra entidade geométrica que pudesse relacionar quais espécies foram encontradas em cada parcela, exceto aquelas que têm caráter preferencial



(estimadas com alta finalidade socioeconômica e de conservação ambiental), com auxílio do diagrama TWISPAM.

Os resultados dessa amostragem documental das parcelas identificadas com as coordenadas do banco de dados geográficos do produto final disponibilizados pela contratada dos serviços de Inventário Florestal para o Estado do Tocantins, elementos consultados na Diretoria de Zoneamento Ecológico e Econômico da Secretaria do Planejamento do Tocantins (Seplan), serviram de base para a realização do presente estudo.

A Tabela 3 mostra o número de parcelas amostradas e o percentual de representação deste quantitativo por faixa de caracterização do Estado, pelo inventário Florestal do Estado do Tocantins. Percebe-se que do total de parcelas de inventário florestal (1935), mais da metade das parcelas (53,13%) estão localizadas na faixa central do Estado, sendo que as fitofisionomias mais frequentes nesta faixa foram: cerrado sentido restrito, floresta estacional decidual e semidecidual, matas de galeria e ciliar, conforme Tabela 4.

Tabela 3 – Número total de parcelas do inventário florestal por faixa do Estado do Tocantins – IF-TO

Faixa	Nº de parcelas	Percentual (%)
Norte	369	19,07
Centro	1028	53,13
Sul	538	27,80
Total	1935	100,00

As quantidades de parcelas por fitofisionomia e por faixa que apresentam dados de biomassa e de estoque de carbono lenhoso estão resumidas na Tabela 4.

Tabela 4 - Quantidade de parcelas do inventário florestal por fitofisionomia e por faixa do Estado do Tocantins (IF-TO)

Fitofisionomias	Faixas	Nº de Parcelas/faixa	Total (Parcelas)	Percentual (%)
Cerradão	Centro	51	64	3,31
	Norte	---		
	Sul	13		
Cerrado sentido restrito	Centro	225	427	22,07
	Norte	62		
	Sul	140		
Floresta estacional decidual e semidecidual	Centro	212	395	20,41
	Norte	58		
	Sul	125		



Floresta estacional e ombrófila	Centro	---	21	1,08
	Norte	21		
	Sul	---		
Floresta estacional e ombrófila (carrasco alto)	Centro	---	67	3,46
	Norte	67		
	Sul	---		
Floresta estacional semidecidual aluvial	Centro	40	40	2,07
	Norte	---		
	Sul	---		
Floresta estacional semidecidual submontana	Centro	---	13	0,67
	Norte	---		
	Sul	13		
Floresta ombrófila	Centro	---	42	2,17
	Norte	42		
	Sul	---		
Floresta ombrófila (Araguaia)	Centro	---	29	1,50
	Norte	29		
	Sul	---		
Floresta ombrófila aberta aluvial	Centro	10	10	0,52
	Norte	---		
	Sul	---		
Ipuca	Centro	10	10	0,52
	Norte	---		
	Sul	---		
Mata ciliar	Centro	94	94	4,86
	Norte	---		
	Sul	---		
Mata de galeria	Centro	136	136	7,03
	Norte	---		
	Sul	---		
Mata de galeria e ciliar	Centro	250	587	30,34
	Norte	90		
	Sul	247		

3.2 - Estimativas da biomassa e carbono aéreo por parcela e por fitofisionomia

De acordo com o relatório do Inventário Florestal do Tocantins, foram identificadas 14 fitofisionomias no estado do Tocantins, as quais estão discriminadas e descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Fitofisionomias identificadas no Inventário Florestal do Tocantins e suas respectivas características gerais

Fitofisionomias	Características - Descrições
Cerrado típico ou cerrado sentido restrito ¹	Caracteriza-se pela cobertura arbórea de 20% a 50% e estrato arbóreo destacado, com altura média de 3m a 6m, e geralmente com evidências de queimadas.
Cerradão ¹	Formação florestal do bioma cerrado com características esclerófilas (grande ocorrência de órgãos vegetais rijos, principalmente folhas) e xeromórficas (com características como folhas reduzidas, suculência, pilosidade densa ou com cutícula



	grossa que permitem conservar água e, portanto, suportar condições de seca). Caracteriza-se pela presença preferencial de espécies que ocorrem no Cerrado sentido restrito e também por espécies de florestas, particularmente as da mata seca semidecídua e da mata de galeria não-inundável. Do ponto de vista fisionômico é uma floresta, mas floristicamente se assemelha mais ao cerrado sentido restrito. Estrato arbóreo com indivíduos tortuosos e eretos, com altura média de 8 a 15 m e cobertura arbórea de 50 a 90%.
Mata ciliar ¹	Vegetação florestal que acompanha os rios de médio e grande porte na região do Cerrado, em que a vegetação arbórea não forma galerias sobre o curso de água. Árvores predominantemente eretas, com altura média de 20 a 25 m. Estrato arbóreo com diversos graus de caducifolia na estação seca e cobertura arbórea de 50 a 90%.
Mata de galeria ¹	Vegetação florestal que acompanha os rios de pequeno porte e córregos, formando corredores fechados (galerias) sobre o curso de água. Árvores eretas com altura de 20 a 30 m. Estrato arbóreo perenifólio ou com pouca caducifolia e cobertura arbórea de 70 a 95%.
Mata de galeria e ciliar	Tipos de vegetação florestal apresentados anteriormente, contudo não houve uma distinção entre elas, nessa classificação realizada pela equipe do IF-TO
Ipuca ²	Vegetação que apresenta baixa riqueza (17 a 36 espécies) que está relacionada com as inundações sazonais que seleciona espécies adaptadas e tolerantes a sobreviver nesse tipo de ambiente. São manchas naturais de florestas inundáveis (mata de várzea inundável) que ocorrem dentro das extensas áreas da planície da bacia do Rio Javaés
Floresta estacional semidecidual aluvial ²	Este tipo florestal é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional, que determina semideciduidade da folhagem da cobertura florestal. Na zona tropical, associa-se à região marcada por acentuada seca hiberna e por intensas chuvas de verão. A porcentagem das árvores caducifólias no conjunto florestal, e não das espécies que perdem as folhas individualmente, situa-se, ordinariamente, entre 20% e 50%. A formação Aluvial está sempre presente nas planícies e em alguns terraços mais antigos das calhas dos rios.
Floresta estacional semidecidual submontana ²	Este tipo florestal é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional que determina semideciduidade da folhagem da cobertura florestal. Na zona tropical, associa-se à região marcada por acentuada seca hiberna e por intensas chuvas de verão. A porcentagem das árvores caducifólias no conjunto florestal, e não das espécies que perdem as folhas individualmente, situa-se, ordinariamente, entre 20% e 50%. A formação Submontana situa-se na faixa altimétrica que varia de 100 a 600 m de acordo com a latitude de 4° Norte até 16° Sul.
Floresta estacional decidual e semidecidual (floresta estacional semidecidual submontana) ²	Este tipo florestal é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional que determina semideciduidade da folhagem da cobertura florestal. Na zona tropical, associa-se à região marcada por acentuada seca hiberna e por intensas chuvas de verão. A porcentagem das árvores caducifólias no conjunto florestal, e não das espécies que perdem as folhas individualmente, situa-se, ordinariamente, entre 20% e 50%. A formação Submontana situa-se na faixa altimétrica que varia de 100 a 600 m de acordo com a latitude de 4° Norte até 16° Sul.
Floresta ombrófila (floresta ombrófila aberta submontana) ²	Apresenta-se em áreas com gradiente climático variando entre 2 a 4 meses secos, identificados através da curva ombrotérmica, e temperaturas médias entre 24°C e 25°C. Esta formação pode ser observada distribuída por toda a Amazônia e mesmo fora dela principalmente com a faciação floresta com palmeiras. Na Amazônia, ocorre com as quatro faciações florísticas (com palmeiras, com cipó, com sororoca e com bambu). A formação Submontana situa-se na faixa altimétrica que varia de 100 a 600 m de acordo com a latitude de 4° Norte até 16° Sul.
Floresta ombrófila - Araguaia	Ocorre em regiões com elevadas temperaturas (médias de 25° C) e de alta precipitação, bem distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos), o que determina



(floresta ombrófila densa submontana) ²	uma situação bioecológica praticamente sem período biologicamente seco. Esta formação é composta principalmente por fanerófitos de alto porte, alguns ultrapassando 50 m na Amazônia e raramente 30 m nas outras partes do País. A submata é integrada por plântulas de regeneração natural, poucos nanofanerófitos e caméfitos, além da presença de palmeiras de pequeno porte e lianas herbáceas em maior quantidade. A formação Submontana situa-se na faixa altimétrica que varia de 100 a 600 m de acordo com a latitude de 4º Norte até 16º Sul.
Floresta ombrófila aberta aluvial ²	Formação estabelecida ao longo dos cursos de água, ocupa as planícies e terraços periodicamente ou permanentemente inundados, que na Amazônia constituem fisionomias de matas-de-várzea ou matas-de-igapó, respectivamente. Ocorre normalmente em áreas que apresentam entre 2 a 4 meses secos e temperaturas médias entre 24 °C e 25 °C. Tem composição florística e características ecológicas predominantes, semelhantes às da Floresta Ombrófila Densa Aluvial, apenas na fisionomia destaca-se por apresentar um grande número de palmeiras de grande porte que, não raro, formam gregarismos. Às vezes destaca-se, também, pela dominância de lianas lenhosas e herbáceas, cobrindo um rarefeito estrato de árvores.
Floresta estacional e ombrófila (carrasco alto) ³	Ocorrência de florestas estacionais perenifolia e semidecidual que possuem afinidade com a Floresta Amazônica e, por isso, são consideradas áreas de Ecótono (florestas estacional/ombrófila) localizadas na área de Tensão Ecológica ou Sistema de Transição, entre os biomas Cerrado e Amazônia, cujo contato apresenta tipos de vegetação com estruturas fisionômicas semelhantes.
Floresta estacional e ombrófila (ecótono) ³	Ocorrência de florestas estacionais perenifolia e semidecidual que possuem afinidade com a Floresta Amazônica e, por isso, são consideradas áreas de Ecótono (florestas estacional/ombrófila) localizadas na Área de Tensão Ecológica entre os biomas Cerrado e Amazônia, cujo contato apresenta tipos de vegetação com estruturas fisionômicas semelhantes.

Fonte: ¹Extraído na íntegra do relatório FREL Cerrado (2016) e parte de Ribeiro e Walter (1998); ²Extraído na íntegra do Manual Técnico da Vegetação Brasileira do IBGE (2012); ³Extraído na íntegra ou parcialmente do relatório Mapeamento das Regiões Fitoecológicas e Inventário Florestal do Estado do Tocantins. Regiões Fitoecológicas da Faixa Centro, v.1, elaborado por Haidar; Dias; Pinto (2013)

Obs.: As fitofisionomias: a) floresta ombrófila, b) floresta ombrófila – Araguaia e c) floresta estacional decidual e semidecidual, foram melhores classificadas, conforme está mostrado entre parênteses, com o apoio de um dos autores do IF-TO, Engenheiro Florestal, Dr. Ricardo Haidar.

A partir da planilha de dados compilados, organizada por parcela, por bacia hidrográfica, e por fitofisionomia, conforme detalhado anteriormente, a equipe do IF-TO calculou os valores médios da biomassa lenhosa aérea (obtido a partir da equação de Rezende et al. (2006) para cerrado sentido restrito e da equação de Higuchi et al. (1998) para as fisionomias florestais) e de carbono lenhoso aéreo (com a aplicação do fator de conversão de 0,5) por fitofisionomia identificada no IF-TO, conforme está apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores médios estimados da biomassa lenhosa aérea e carbono lenhoso aéreo por fitofisionomia, calculados pela equipe do IF-TO

Fitofisionomia do IF-TO	Biomassa lenhosa aérea - BA (t ha⁻¹)	Carbono lenhoso aéreo - CA (t ha⁻¹)¹
--------------------------------	--	---

cerradão	139,52	69,76
cerrado sentido restrito	25,94	12,97
floresta estacional decidual e semidecidual	165,02	82,51
floresta estacional e ombrófila	144,67	72,33
floresta estacional e ombrófila (carrasco alto)	148,71	74,35
floresta estacional semidecidual aluvial	260,24	130,12
floresta estacional semidecidual submontana	135,95	67,97
floresta ombrófila	206,78	103,39
floresta ombrófila (araguaia)	211,29	105,64
floresta ombrófila aberta aluvial	69,76	34,88
ipucas	191,37	95,68
mata ciliar	235,66	117,83
mata de galeria	199,95	99,97
mata de galeria e ciliar	191,13	95,56

¹ Cálculo do CA = BA * 0,5 (Fator de conversão considerado pela equipe do IF-TO, quanto ao teor de carbono em relação à biomassa lenhosa foi o equivalente a 50%)

Obs.: A planilha em Excel contendo as estimativas de biomassa lenhosa aérea ($t \cdot ha^{-1}$) e de carbono lenhoso aéreo ($t \cdot ha^{-1}$), por parcela, por bacia hidrográfica, por faixa e por fitofisionomia, calculadas pela equipe do IF-TO, encontra-se em anexo e está referenciada na lista de planilhas, nos Anexos, ao final deste documento.

Percebe-se pela Tabela 2 que existe uma amplitude de variação da estimativa média de carbono lenhoso aéreo entre fitofisionomias de $117,15 t \cdot ha^{-1}$, variando de $12,97$ a $130,12 t \cdot ha^{-1}$, correspondendo às fitofisionomias do cerrado sentido restrito e da floresta estacional semidecidual aluvial, respectivamente.

3.3 – Análise das equações utilizadas no Inventário Florestal do Tocantins

Como não foram disponibilizados dados individuais originais de cada parcela inventariada, ou seja, dados de diâmetro e altura das árvores, não foi possível testar outras equações disponíveis na literatura para a estimativa de biomassa ou carbono. Assim, trabalhou-se com os dados de estimativa disponíveis nos relatórios do IF-TO, notadamente as estimativas de biomassa e de carbono, calculadas pela equipe do IF-TO por meio das equações apresentadas no item 2.2.

A precisão de estimativas de carbono e biomassa requer dados confiáveis de dados de campo (inventários florestais) e equações alométricas apropriadas (CHAVE et al., 2004, 2005). De acordo com o documento de Guia de Boas Práticas para níveis de referência para REDD+, a orientação é a utilização e equações alométricas aplicadas a dados existentes de boa qualidade de inventários florestais (MERIDIAN



INSTITUTE, 2011). No mesmo documento, é recomendada “a compilação de equações alométricas e a validação de sua adequabilidade para florestas nacionais ou a derivação de novas equações, em caso de não validação das equações existentes” (MERIDIAM INSTITUTE, 2011).

No IF-TO, o levantamento de campo foi realizado por equipes altamente qualificadas e com ampla experiência nesse tipo de levantamento no bioma Cerrado. Contou com a participação de pesquisadores que são referências no bioma Cerrado. A metodologia de inventário foi devidamente apresentada e está de acordo com a metodologia adotada para amostragem de vegetação, com a apresentação de estimativas e respectivos limites de intervalos de confiança.

Vale ressaltar que os dados de árvores individuais do IF-TO foram utilizados como referência para a elaboração da III Comunicação do Brasil de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa à Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas (UNFCCC) (BRAZIL, 2016).

No presente estudo, foram utilizadas estimativas obtidas a partir de equações produzidas para as fisionomias de formações florestais (HIGUCHI et al., 1998) e de cerrado sentido restrito (*sensu stricto*) (REZENDE et al., 1998), desenvolvidas no Brasil por pesquisadores com ampla experiência em vegetação, como Niro Higuchi (INPA) e Jeanine Maria Felfili e em modelos alométricos (como Carlos Roberto Sanquetta). A seguir, são apresentadas análises acerca dessas duas equações.

3.3.1. Análise da equação de Rezende et al. (2006)

a) Análise da amostragem destrutiva

A equação de Rezende et al. (2006) (Tabela 2), foi produzida a partir de um número significativo de árvores (174 árvores), bastante superior ao utilizado na equação de BROWN (1997) (equação 3.2.1) para florestas secas (28 árvores), publicada no documento de referência da FAO (Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer, FAO Forestry Paper – 134).

Embora não existam estudos que testem o tamanho mínimo da amostra para desenvolvimento de modelos alométricos para vegetação natural, Sileshi (2014) considera amostras com $N < 50$ como pequenas.



Paul et al. (2017) recomenda o número mínimo de 50 árvores para a validação de modelos genéricos.

A amplitude diamétrica e de alturas foi bastante ampla, variou de 5,0 a 32 cm e de 1 a 11,0 m, respectivamente. A grande maioria das árvores encontradas em amostragens de cerrado estão dentro dessa amplitude.

Assim, amostragem possui número de indivíduos e amplitude diamétrica e de altura compatíveis para o desenvolvimento de equações alométricas para cerrado sensu stricto. O diâmetro mínimo utilizado foi semelhante àquele utilizado no IF-TO.

No desenvolvimento da equação de Rezende et al. (2006), primeiramente foi realizada a amostragem da vegetação, a fim de se determinar sua estrutura em termos de distribuição diamétrica. Essa distribuição apresentou padrão J-reverso, comum à vegetação natural de Cerrado.

Em seguida, foram coletadas 25% das árvores de classe diamétrica, de forma a representar equitativamente a estrutura diamétrica da amostra Tabela 6.

Tabela 6 – Distribuição diamétrica da amostragem realizada por Rezende et al. (2006) para o desenvolvimento da equação de carbono lenhosos aéreo

Classes de Db (cm)	Frequência Total		Frequência selecionada (amostragem destrutiva)
	Absoluta (ind)	Relativa (%)	Absoluta (%)
5,0 – 8,9	369	54,18	93
9,0 – 12,9	187	27,46	47
13,0 – 16,9	74	10,87	19
17,0– 20,9	25	3,67	7
21,0 – 24,9	17	2,50	5
25,0– 28,9	5	0,73	2
29,0 – 32,93	3	0,44	1
-	-	-	-



53,0 – 56,9	1	0,15	-
Total	681	100,00	174

Fonte: Extraído de Rezende et al. (2006)

b) Análise das estatísticas de ajuste da equação

No artigo de Rezende et al. (2006), o modelo apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 98,28% (valor bem elevado, o que indica que o modelo explica boa parte da variabilidade dos dados) e coeficiente de variação (erro padrão percentual) de 25,79%, valor bem pequeno, considerando-se a elevada variabilidade encontrada em vegetação natural.

c) Avaliação da distribuição dos erros

Foi avaliada a distribuição dos erros do modelo de Rezende et al. (2006) (Figura 3). A distribuição dos erros indicou que, embora os erros tendam a ser maiores para as árvores de menor diâmetro, boa parte dos erros tende a se anular, ou seja, as superestimativas tendem a compensar o efeito das subestimativas, de forma a minimizar o efeito dos erros quando aplicado a um grande conjunto de dados.

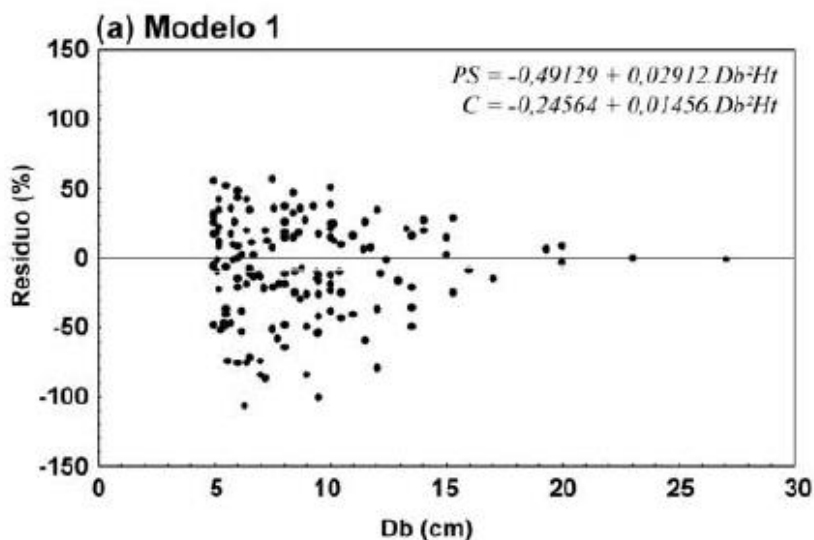


Figura 3. Distribuição dos erros do modelo alométrico de carbono aéreo de Rezende et al. (2006)

Fonte: extraído de Rezende et al. (2006)



d) Teste de validação do modelo

Foi realizado um teste de validação do modelo de Rezende et al. (2006), a partir dos dados da amostragem destrutiva utilizada em Delitti et al (2006), coletados no estado de São Paulo, e disponibilizada em Roitman et al. (2018). O conjunto de dados para validação consiste em 60 árvores de cerrado *sensu stricto*. A validação foi baseada no erro padrão em gramas (g) (CHAVE et al., 2014).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - k}}$$

Onde σ = erro padrão (g), y_i = iésimo valor observado (g), $\hat{y}_i$ = iésimo valor estimado (g), n = número de árvores, k = número de parâmetro do modelo (nesse caso $k=1$)

O erro padrão foi extremamente pequeno, de apenas 5,46 kg. Esse resultado indica que o modelo de Rezende et al. (2006), desenvolvido a partir de dados coletados no Distrito Federal também pode funcionar bem quando aplicado a outras áreas.

3.3.2 - Equação de biomassa de Higuchi et al (1998)

a) Análise da amostragem destrutiva

A equação do Higuchi et al. (1998) para o peso fresco foi baseada em uma amostra de 315 árvores, ou seja, valor bastante elevado, o qual tende a melhor o ajuste de regressão. Equações com amostras grandes tendem a ser mais robustas.

Foi utilizado o diâmetro de inclusão de 5 cm, também utilizado no IF-TO. A amplitude diamétrica foi de 5 a 120 cm e de altura do de 5,6 a 41,4 m. A distribuição diamétrica seguiu padrão J-reverso, comumente encontrado em vegetação natural e também nas fisionomias florestais.

b) Análise da das estatísticas de ajuste da equação

O modelo de biomassa fresca de Higuchi et al. (1998) apresenta $R^2 = 0,90$ e erro padrão ($S_{y,x}$) de 716. Ao se estimar a média da biomassa da amostra (315 árvores) (média = 782,7 kg) e a média das

estimativas de biomassa (obtidas com o modelo) dessas mesmas árvores (média = 783.1 kg), o desvio é bastante pequeno (0,1%).

Em sua análise, HIGUCHI et al. (1998) consideraram esse desvio como um parâmetro para avaliar a aplicação dos modelos, não para estimar árvores individuais, mas para estimar a biomassa de um conjunto de árvores em parcelas, o que de fato foi realizado no IF-TO (estimativa por parcela).

c) Avaliação da tendenciosidade do modelo

Higuchi et al. (1998) não apresentaram os gráficos de distribuição dos erros, mas afirmaram que o modelo 3 não apresentava nenhum padrão, distribuindo-se aleatoriamente” em função do diâmetro. Isso sugere um padrão homoscedástico (i.e., não fere a premissa do ajuste de regressão dos mínimos quadrados e indica não tendenciosidade dos modelos).

d) Critérios de seleção para utilização do modelo de Higuchi et al. (1998) no IF-TO

No IF-TO foi selecionado um dos 12 modelos apresentados no estudo de Higuchi et al. (2006). O modelo utilizado no IF-TO foi diferente do modelo adotado para florestas no FREL-Amazônia. Embora não tenha sido apresentada uma justificativa para a seleção do modelo (denominado “modelo 3” no artigo) no IF-TO, abaixo são apresentados alguns critérios importantes considerando a seleção desse modelo em detrimento de outros testados em Higuchi et al. (1998).

Em Higuchi et al. (1998), foram testados quatro tipos de modelos (tipos 1, 2, 3 e 4). Para cada tipo de modelo foram testados três conjuntos de dados: um conjunto com todas as árvores amostradas (todas as árvores com DAP > 5cm), denominados de modelos 1, 2, 3 e 4 (N= 315 árvores); um conjunto com apenas as árvores com DAP entre 5 a 20 cm (modelos 1a, 2a, 3a e 4a) (N = 244 árvores); e um conjunto com somente as árvores com DAP de 20-120 cm (modelos 1b, 2b, 3c, 4c) (N=71 árvores).

Dentre os quatro modelos baseados em todo conjunto de árvores (i.e. com maior tamanho da amostra e maior amplitude diamétrica) (modelos 1, 2, 3 e 4), o modelo 4 possui o menor erro padrão (erro padrão = 540 g). Contudo, ao contrário dos modelos (modelos 1, 2 e 3), o modelo 4 apresentou



heteroscedasticidade dos erros, com “um claro padrão de distribuição, aumentando os desvios, conforme o dap” (HIGUCHI et al., 1998). A heteroscedasticidade fere o princípio do ajuste dos mínimos quadrados e pode levar à tendenciosidade de modelo.

O modelo 3, utilizado no IF-TO, é o que possui o segundo menor erro padrão (erro padrão = 716 g) (Tabela 5 do artigo de HIGUCHI et al., 1998) e homocedasticidade nos erros.

Vale ressaltar que o modelo de Higuchi et al. (1998) utilizado no FREL-Amazônia para florestas, é diferente do modelo utilizado no IF-TO. No FREL Amazônia (MMA, 2018) foram apresentados os valores de carbono e biomassa publicados na Segunda Comunicação Brasileira (SCB) de Emissão de Gases Efeito Estufa (GEE) à UNFCCC (BRASIL, 2010).

Essas estimativas foram realizadas a partir da aplicação de uma equação alométrica (HIGUCHI et al., 19998) e fatores de expansão e conversão (SILVA et al., 2007) a dados de campo de 1,710 parcelas do Projeto Radam Brasil. No Radam Brasil, foram incluídas apenas árvores do circunferência à altura do peito (CAP) ≥ 100 cm (ou seja, DAP $\geq 31,83$ cm).

Considerando que no Radam Brasil foram medidas apenas as árvores com DAP $\geq 31,83$ cm), é coerente que no FREL-Amazônia tenha sido utilizada uma equação para árvores com DAP > 20 cm, biomassa fresca acima do solo (AGB_{fresca}), descrita a seguir.

$$\ln(AGB_{fresca}) = 0.151 + 2.170 \cdot \ln(DAP_{\geq 20cm})$$

Onde: AGB_{fresca} = biomassa fresca acima do solo (kg) e DAP _{$\geq 20cm$} = árvores com diâmetro a altura do peito a partir de 20 cm (cm).

Vale ressaltar que essa equação possui erro padrão de 2035 g, ou seja, bastante superior ao erro padrão da equação de Higuchi et al. (1998) utilizada no IF-TO (716 g). Na equação utilizada no IF-TO foram incluídas todas as árvores com DAP ≥ 5 cm (N = 315 árvores).



3.4 - Estatísticas descritivas dos valores de carbono lenhoso aéreo para as diferentes fitofisionomias do Inventário Florestal - TO

De modo a compreender a distribuição das quantidades de carbono estimadas por parcelas pelo Inventário Florestal do estado do Tocantins, com fator de 0,5, apresenta-se um histograma para cada fitofisionomia pode ser visualizado entre as Figuras 4 a 17.

A Tabela 7 descreve as estatísticas referentes ao erro padrão, erro amostral e intervalos de confiança referentes aos valores médios de carbono lenhoso aéreo por fitofisionomia no estado do Tocantins. Da observação destes dados nota-se que embora o plano amostral tenha uma maior quantidade de parcelas para as matas de galeria e ciliar, a floresta estacional semidecidual aluvial foi aquela que apresenta maior estoque de carbono aéreo lenhoso em média, seguidas pela mata ciliar.

De acordo com a Figura 9 que detalha a distribuição de frequências das parcelas desta fitofisionomia para todas as faixas do estado do Tocantins, a maioria das amostras, 90% das mesmas, apresentam estoque desta biomassa aérea em torno de 60,69 a 256,70 tC.ha⁻¹.

Observando as faixas, centro e sul, da floresta estacional decidual e semidecidual (Figura 6), constata-se uma predominância de maiores estoques de carbono aéreo na faixa centro, embora haja um menor parcelamento das mesmas na faixa norte do Estado, em razão da sistemática metodológica de amostragem do inventário florestal do Estado. Todavia deve-se destacar que a floresta ombrófila, ipucas e floresta estacional e ombrófila foram as fitofisionomias que obtiveram maiores erros de amostragem relativo, sendo os seus respectivos números de parcelas amostradas inferior quando comparado com as demais classificações fitoecológicas relacionados pelo inventário, o que mostra um maior distanciamento dos valores observados em relação à média amostral (Tabela 7).



A estimativa deste erro de amostragem foi a partir do teste t de Student com 95 % de confiabilidade uma vez que este é o mais utilizado para comparações entre modelos matemáticos de estimativa de parâmetros florestais, dados pareados, observados e estimados. Esta comparação e escolha do melhor modelo foi realizada pelo Inventário Florestal do Tocantins (REZENDE et al., 2006).

A maioria dos modelos levam em consideração este parâmetro estatístico de erro de padrão de estimativa, além dos coeficientes de determinação e teste F da análise de variância para definição do melhor modelo de estimativa de volume, biomassa e estoque de carbono (SILVEIRA et al., 2016).

O cerrado teve a maioria de suas amostras na faixa centro do Estado, em conformidade com o mapa de localizações da Figura 4. Ainda na mesma figura situou-se um maior percentual de chances de ocorrência quantitativa de estoque de carbono lenhoso aéreo com valores de 65,78 tC.ha⁻¹, para esta faixa em análise. A distribuição de ocorrências dos quantitativos de carbono aéreo de todas as faixas seguiu o mesmo comportamento gráfico do histograma desta faixa centro. Conforme o histograma da Figura 4, para todas as faixas existe uma chance 90% dos estoques de carbono estarem entre 30,58 e 126,60 tC.ha⁻¹. A Tabela 7 mostra que a média do cerrado foi de 69,76 tC.ha⁻¹, e um erro de amostragem relativo igual a 9%.

Geograficamente o cerrado sentido restrito foi inventariado com certa uniformidade ao longo da extensão de todas as faixas de amostragem do estado do Tocantins, conforme pode ser visualizado na Figura 5. Seu erro de amostragem relativo é inferior aos demais encontrados na Tabela 7. A análise dos histogramas apresentados na Figura 5, mostram uma tendência à concentração de maiores estoques de carbono na região central do Estado do Tocantins para esta formação vegetal, com uma média de 14,44 tC.ha⁻¹. O histograma para todas as faixas demonstra uma probabilidade de 90% de recorrência de uma parcela com valor de 3,79 a 26,29 tC.ha⁻¹, bem como caracteriza a possibilidade de 44% de se verificar uma parcela com o valor acima da média.

Tanto o cerrado sentido restrito quanto o cerrado, segundo a Tabela 7, apresentaram erros de amostragem relativa, 5,7 e 9%, muito baixos se comparados aos erros de padrão de estimativa encontrados por Rezende et al. (2006). Este autor a partir de uma amostragem para verificação do estoque de carbono aéreo lenhoso (de erro amostral relativo equivalente a 19,35%) na Reserva Ecológica e Experimental da Universidade de Brasília, Distrito Federal, ponderou pela escolha de uma equação de ajuste, utilizada para determinação destas variáveis dependentes no Inventário Florestal do Estado do Tocantins, que teve como erro de estimativa de 17,73%. Logo se comparados a este autor, os erros amostrais considerados pela Tabela 7 relativos ao cerrado e ao cerrado sentido restrito, se mostraram adequados para a presente estimativa.



Em termos estatísticos, a floresta estacional decidual e semidecidual é a fitofisionomia que possui a terceira maior distribuição de parcelas amostradas e constitui-se como de menor erro de amostragem relativo, de aproximadamente 5.5% (Tabela 7). A Figura 6 caracteriza a regionalização das amostras em histogramas de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo desta fitofisionomia. Os gráficos ilustram uma maior quantidade de parcelas e de médias de carbono aéreo na faixa centro do estado do Tocantins, sendo que nesta faixa foram observadas mais de 120 parcelas com valores próximos de 89,16 tC.ha⁻¹.

Os histogramas e mapas de localização das Figuras 6, 7, 10 e 11, contribuem para a definição espacial dos potenciais de estoque de carbono lenhoso para as variações de floresta ombrófila, seus ecótonos de transição com a floresta estacional (Figura 6) e de carrasco alto (Figura 7), e sua formação densa (Figuras 10 e 11). Pelos mapas de localização percebe-se que todas estão presentes na faixa norte do Estado, e que suas maiores quantidades de estoque de carbono por parcela variam de 43,73 a 51,01 tC.ha⁻¹. Os erros de amostragem mais preocupantes estão relativizados para esta fitofisionomia e suas variantes transicionais, chegando a 49,5% para a formação de distribuição representada pela Figura 10. Este índice elevado, conceitualmente análogo a um alto valor de coeficiente de variação, pode ser justificado dado o inventário de poucas espécies desta fitofisionomia, e de que estas variações são esperadas quando são estudadas vegetações nativas e de indivíduos de portes diversificados (REZENDE et al., 2006).

As Figuras 13 e 14 referem-se aos histogramas de distribuição das parcelas de floresta ombrófila aberta aluvial (10 parcelas) e de ipucas (10 parcelas) no estado do Tocantins, respectivamente, sendo que as vinte parcelas que compõem essas fitofisionomias localizam-se na faixa centro do Estado. Constata-se para as ipucas, que há uma maior quantidade de parcelas estimadas que apresentam estoque de carbono lenhoso aéreo em torno de 68,17 tC.ha⁻¹.

A floresta ombrófila, ipucas juntamente com a floresta estacional semidecidual aluvial são anotados na Tabela 7, foram as fitofisionomias onde observou-se erros de padrão de estimativa mais elevados, acima de 10%, possivelmente devido ao menor número de parcelas amostrais, ou pela impossibilidade de aumento da intensidade de amostragem (PÉLLICO NETO, 1997).

As Figuras 15, 16 e 17 traduzem as estatísticas descritivas do inventário florestal para as matas ciliares, matas de galeria e as matas de galeria e ciliar, sendo esta última resultante da não observância de separação entre estas fitofisionomias. Como especificado nos mapas de localização das parcelas, o discernimento entre estas formações se deu na faixa centro do Estado (Figuras 15 e 16). Nestas ilustrações de distribuição de parcelas subentende-se uma predisposição a se obter maiores estoques de carbono da mata de galeria que variou em 90% de seus valores entre 37,68 a 224,66 tC.ha⁻¹, conquanto a



mata ciliar variou entre 55,57 a 185,32 tC.ha⁻¹, com erros de amostragem relativamente baixos e próximos entre si de 9,5 e 8,6%, respectivamente (Tabela 7). Os histogramas da Figura 17 promovem o entendimento de estoque de carbono crescente em média da faixa sul à faixa norte do Estado para as matas de galeria e ciliar.

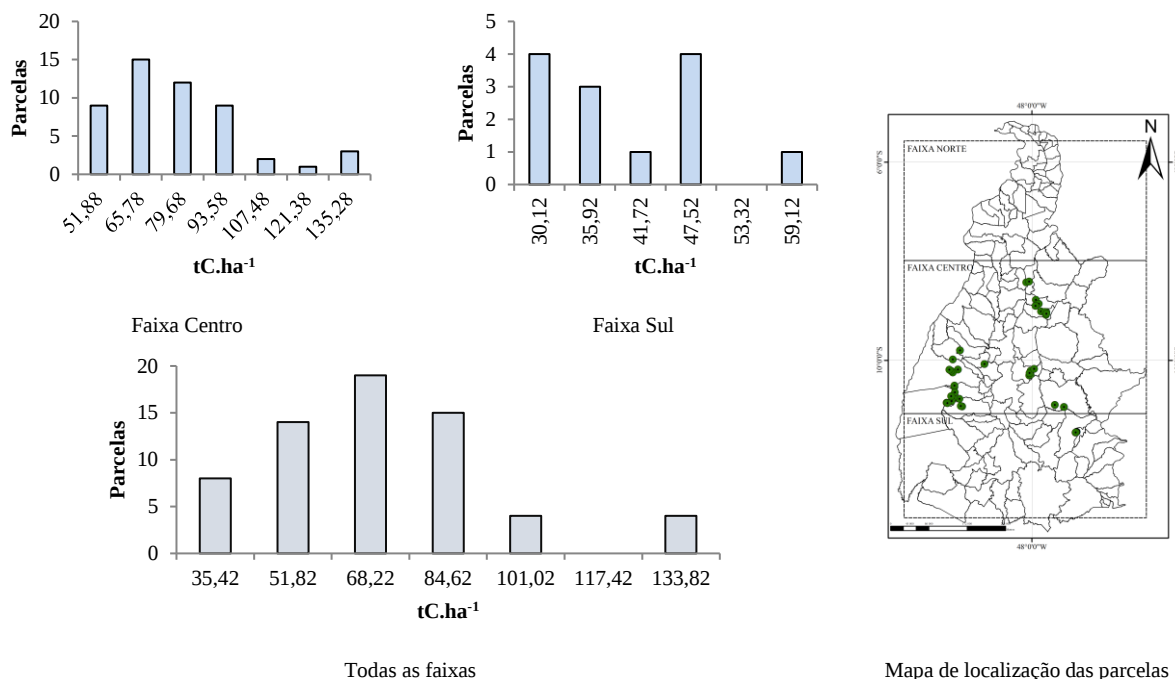
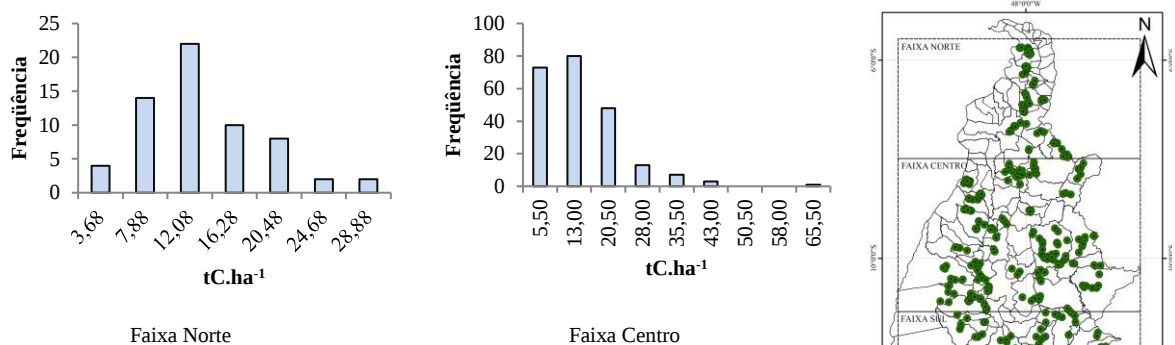
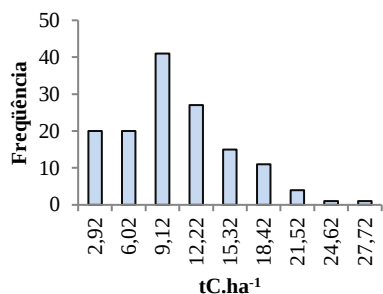
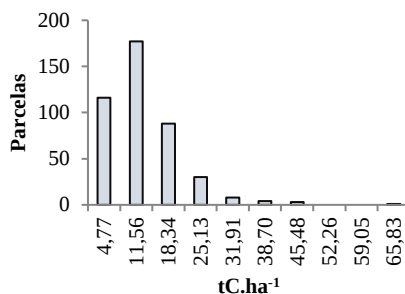


Figura 4 - Histogramas de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo do cerrado no IF-TO





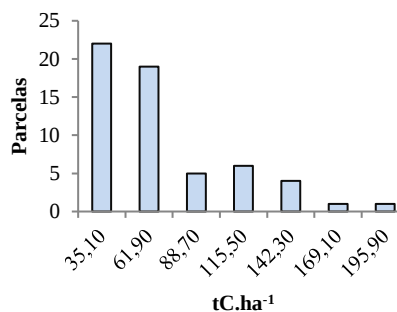
Faixa Sul



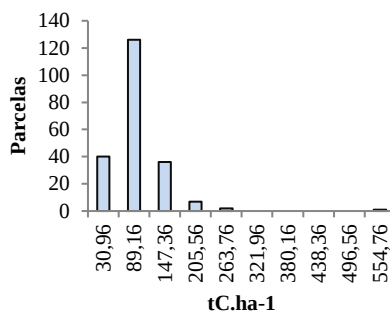
Todas as faixas

Mapa de localização das parcelas

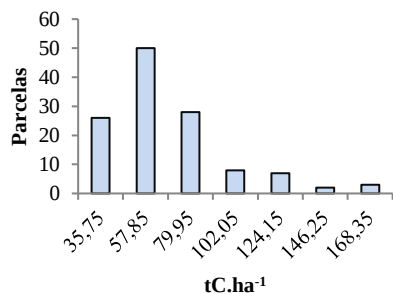
Figura 5 - Histogramas de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo do cerrado sentido restrito no IF-TO



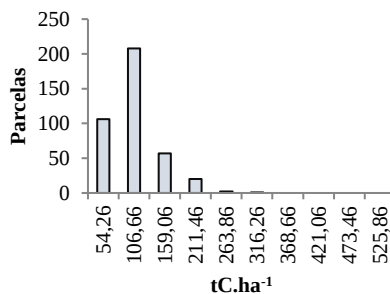
Faixa Norte



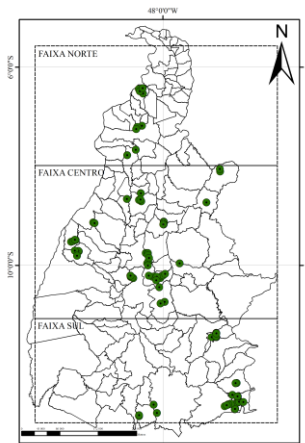
Faixa Centro



Faixa Sul

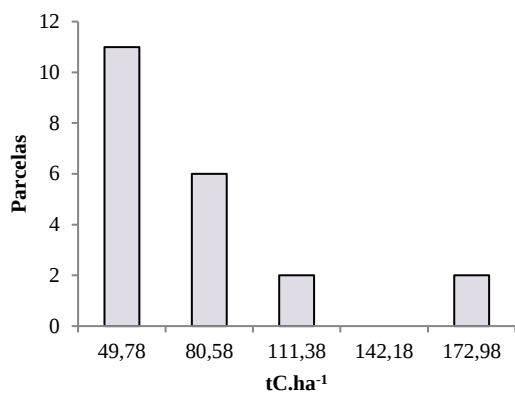


Todas as faixas

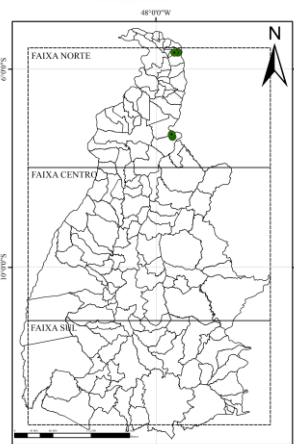


Mapa de localização das parcelas

Figura 6 – Histogramas de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta estacional decidual e semidecidual no IF-TO

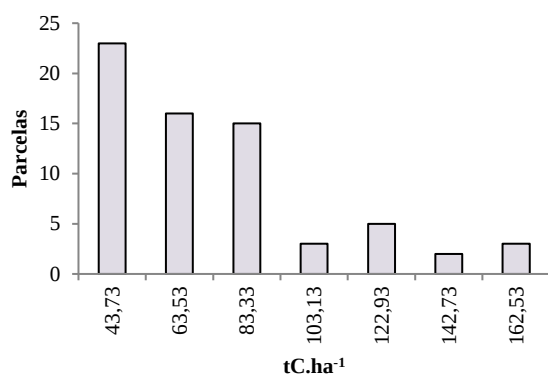


Faixa Norte

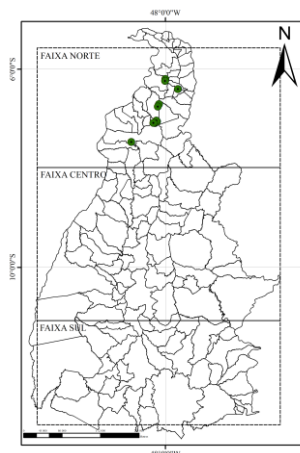


Mapa de localização das parcelas

Figura 7 - Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta estacional e ombrófila no IF-TO



Faixa Norte



Mapa de localização das parcelas

Figura 8- Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta estacional e ombrófila (carrasco alto) no IF-TO

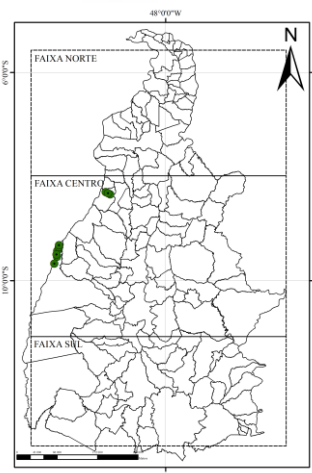
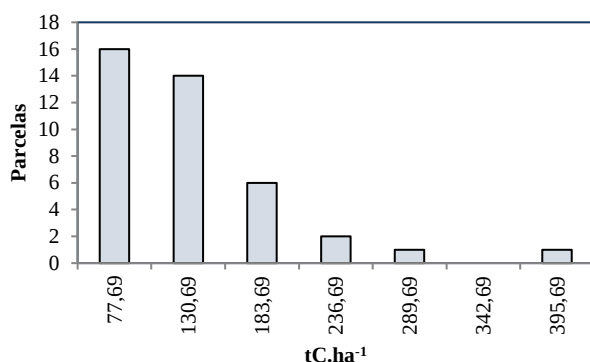


Figura 9 - Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta estacional semidecidual aluvial no IF-TO

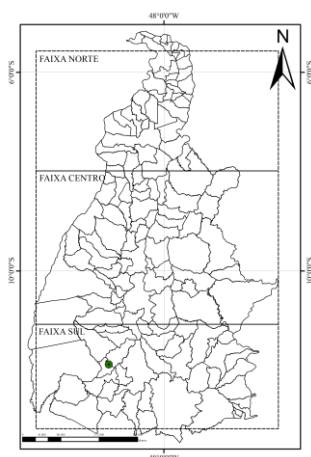
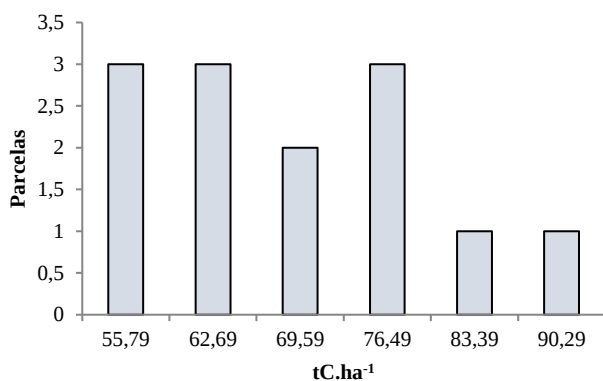
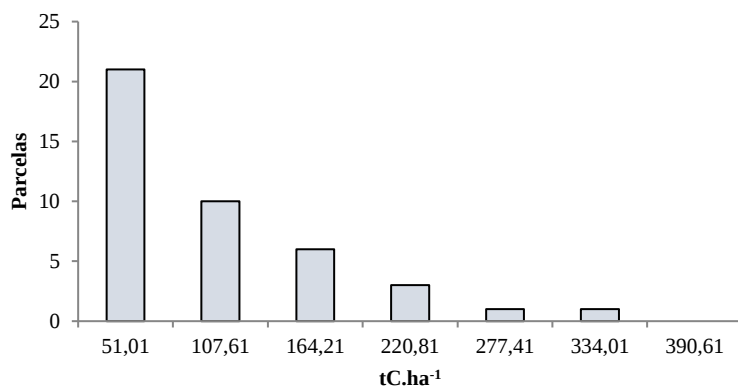
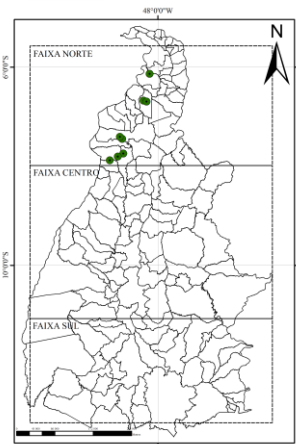


Figura 10 - Histogramas de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta estacional semidecidual de submontana no IF-TO

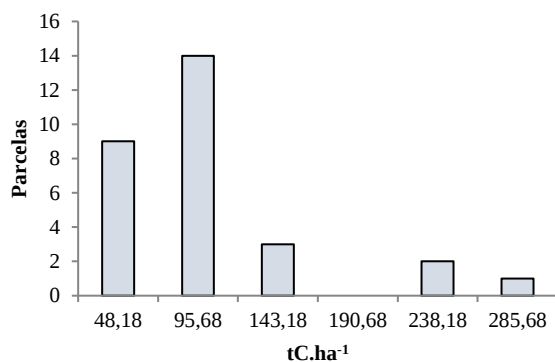


Faixa Norte

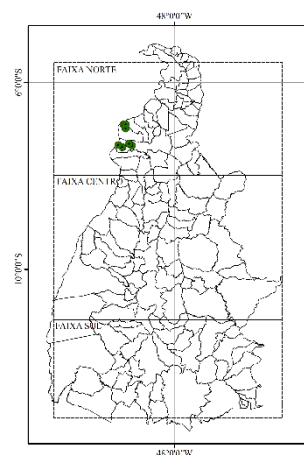


Mapa de localização das parcelas

Figura 11 - Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta ombrófila densa no IF-TO

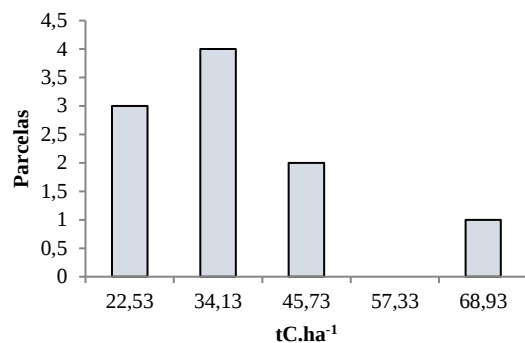


Faixa Norte

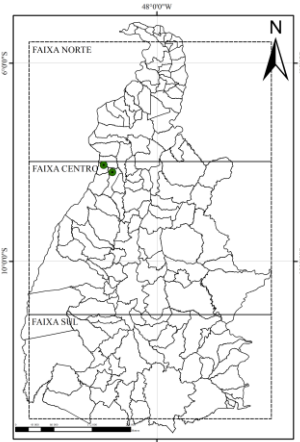


Mapa de localização das parcelas

Figura 12 - Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta ombrófila densa (Araguaia) no IF-TO

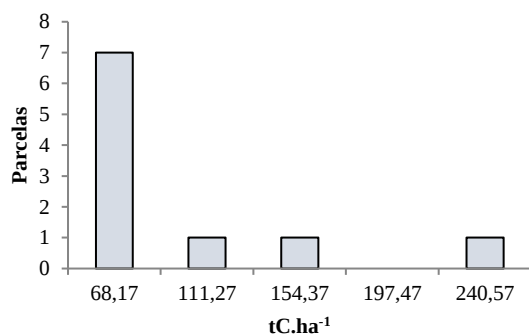


Faixa Centro

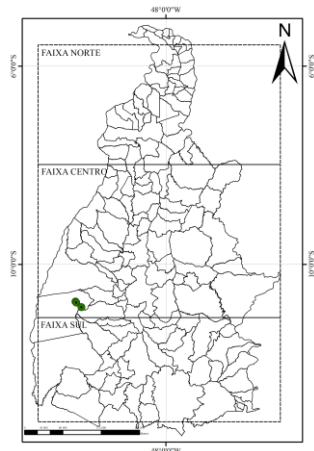


Mapa de localização das parcelas

Figura 13 - Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da floresta ombrófila aberta aluvial no IF-TO

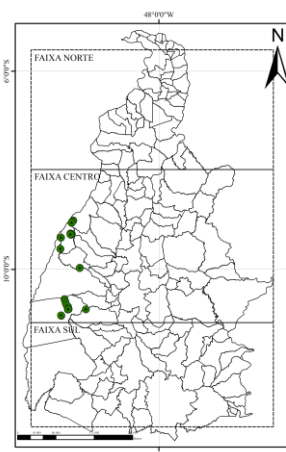
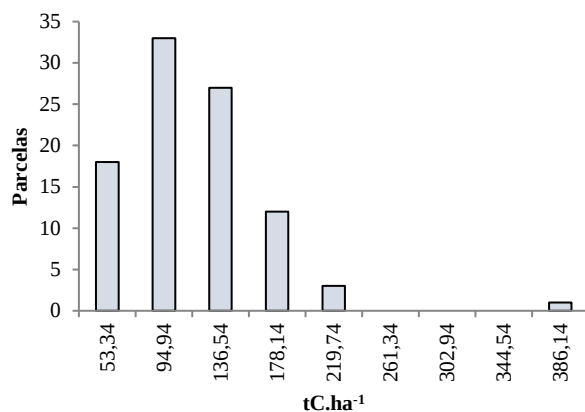


Faixa Centro



Mapa de localização das parcelas

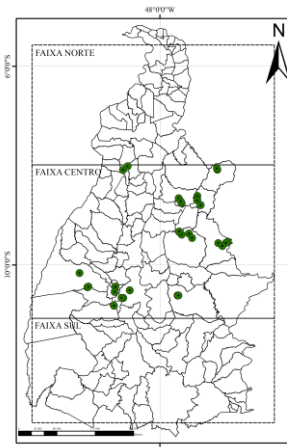
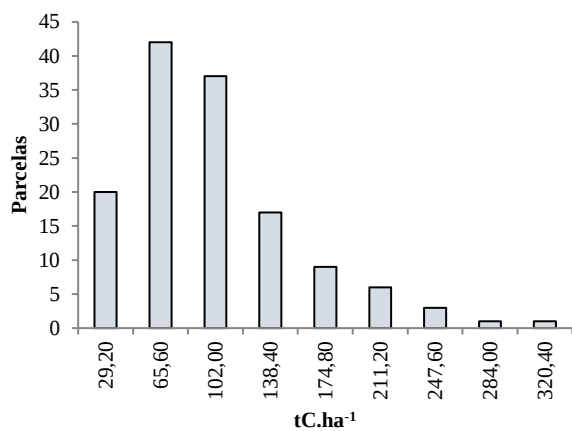
Figura 14 - Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo das ipucas segundo Inventário Florestal no IF-TO



Faixa Centro

Mapa de localização das parcelas

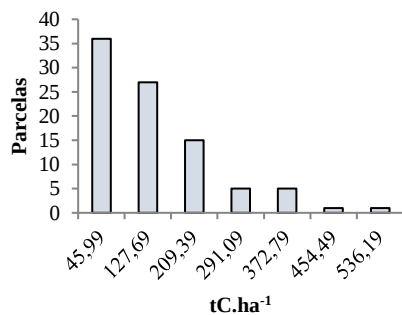
Figura 15 - Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da mata ciliar no IF-TO



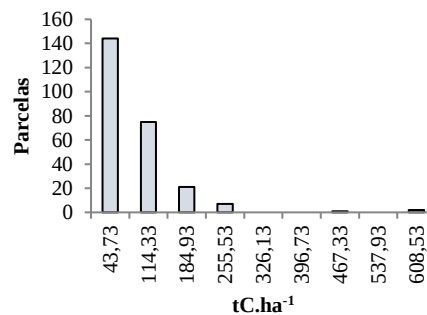
Faixa Centro

Mapa de localização das parcelas

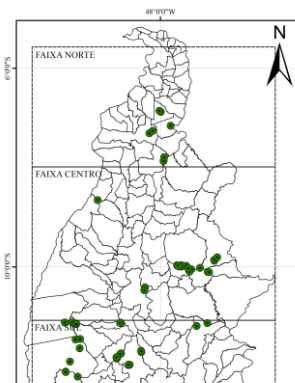
Figura 16 - Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da mata de galeria no IF-TO



Faixa Norte



Faixa Centro



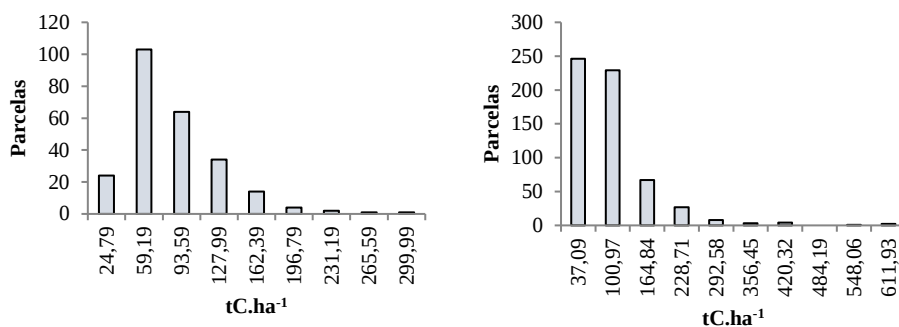


Figura 17 - Histograma de distribuição dos estoques de carbono lenhoso aéreo da mata de galeria e ciliar no IF-TO

Foram determinadas as seguintes estatísticas descritivas para cada tipo de fitosionomia, a média, desvio padrão, erro amostral absoluto (a 95% de probabilidade), erro amostral relativo e limites (superior e inferior) de intervalo de confiança (IC), erro de cálculo de IC de carbono, conforme Pélico Netto; Brena (1997) e Felfili et al. (2011).

A seguir estão apresentadas as fórmulas e expressões utilizadas nos cálculos estatísticos, com os respectivos resultados para valores de carbono aéreo obtidos por fitofisionomia na Tabela 7.

a) $Erro\ padrão = desvio\ padrão / \sqrt{N}$

Onde desvio padrão = raiz quadrada da variância de entre parcelas, N = número de parcelas

b) $Erro\ de\ amostragem\ absoluto = Erro\ padrão \cdot t$

t = valor de tabelado, considerando o grau de liberdade (N-1) e o valor de α a 95% de probabilidade ($\alpha = 0,05$).

c) $Erro\ de\ amostragem\ relativo = \frac{erro\ de\ amostragem}{média}$

d) $Erro\ de\ amostragem\ relativo\ percentual = 100 \frac{erro\ de\ amostragem}{média}$



e) *Intervalo de confiança = média $\pm$ erro de amostragem*

Tabela 7 – Análise estatística descritiva dos valores de Carbono aéreo obtido por fitofisionomia estudada no IF-TO

Fitofisionomias (IF-TO)	Nº de parcelas	Valor de t (GL, α)	Média C (t.ha ⁻¹)	Desvio padrão (t.ha ⁻¹)	Erro padrão (t.ha ⁻¹)	Erro Amost. absoluto	Erro Amost. relativo (%)	Limite inferior de IC (t.ha ⁻¹)	Limite superior de IC (t.ha ⁻¹)
cerradão	64	1,998	69,760	25,069	3,134	6,262	0,090	63,498	76,022
cerrado sentido restrito	427	1,966	12,970	7,745	0,375	0,737	0,057	12,234	13,707
floresta estacional decidual e semidecidual	395	1,966	82,512	45,820	2,305	4,533	0,055	77,980	87,045
floresta estacional e ombrófila	21	2,086	72,334	40,331	8,801	18,358	0,254	53,976	90,693
floresta estacional e ombrófila (carrasco alto)	67	1,997	74,354	33,109	4,045	8,076	0,109	66,278	82,429
floresta estacional semidecidual aluvial	40	2,023	13,122	67,983	10,749	21,742	0,167	108,380	151,864
floresta estacional semidecidual submontana	13	2,179	67,975	11,152	3,093	6,739	0,099	61,236	74,715
floresta ombrófila	10	2,262	10,391	71,598	22,641	51,218	0,495	52,173	154,609
floresta ombrófila (Araguaia)	42	2,020	105,643	62,349	9,621	19,429	0,184	86,214	125,073
floresta ombrófila aberta aluvial	29	2,048	34,878	14,563	2,704	5,539	0,159	29,339	40,417
ipucas	10	2,262	95,684	51,416	16,259	36,781	0,384	58,904	132,465
mata ciliar	94	1,986	117,829	49,526	5,108	10,144	0,086	107,685	127,973
mata de galeria	136	1,978	99,976	56,234	4,822	9,537	0,095	90,440	109,513
mata de galeria e ciliar	587	1,964	95,564	74,235	3,064	6,018	0,063	89,546	101,582



Instituto Ecológica
Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente
Palmas - Tocantins - Brasil / www.ecologica.org.br





4 – Estimativas de biomassa e carbono total por fitofisionomia em consonância com o FREL Cerrado e Amazônia Nacional

Este trabalho teve como objetivo de compilar, organizar e analisar os dados secundários de estimativas de biomassa e carbono lenhoso aéreo, a partir dos relatórios do Inventário Florestal do Tocantins (IF-TO).

No andamento do presente trabalho, houve a decisão em conjunto com a coordenação geral do projeto, de realizar a estimativa do Carbono lenhoso e do Carbono total (considerando todos os reservatórios) por fitofisionomia, a partir dos dados do IF-TO e utilizando os valores médios e fatores de expansão preconizados no FREL Cerrado Nacional de 2016 (MMA, 2016) e FREL Amazônia Nacional de 2018 (MMA, 2018), pois no estado do Tocantins tem a ocorrência dos dois biomas (Figura 18).

Nesse sentido houve a amplificação dos resultados, o que permitiu elaborar um documento consistente, denominado de “FREL Cerrado e Amazônia Tocantins”, a partir da utilização de uma quantidade significativa de dados coletados em todo o Estado.

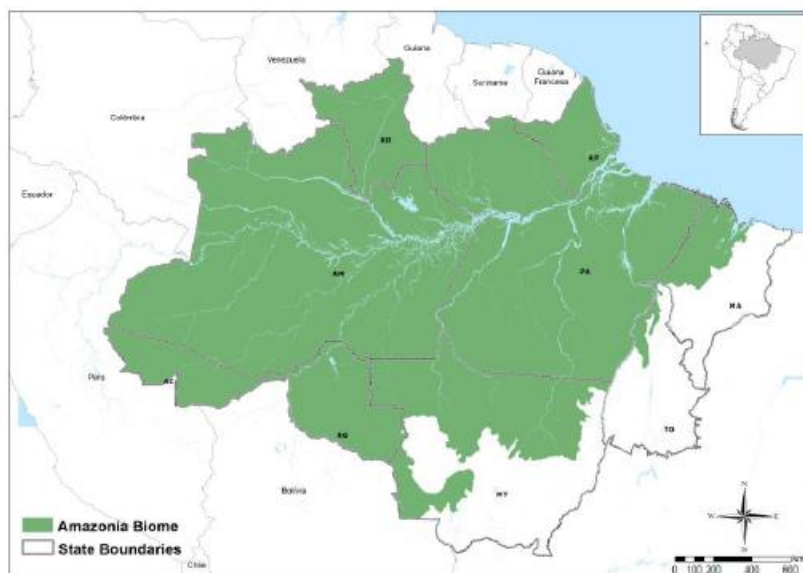


Figura 18 – Ocorrência do bioma Amazônia no Brasil e no estado do Tocantins

Fonte: Extraído do FREL Amazônia, MMA (2018)

O bioma Amazônia ocupa cerca de 9% do território do estado de Tocantins, sendo que o restante do território (91%) é ocupado pelo bioma Cerrado.



Sendo assim, houve a necessidade de discriminar os dois biomas e localizar as parcelas do inventário florestal do Tocantins, nos respectivos biomas. A partir da base vetorial do IBGE utilizou-se procedimento descrito a seguir.

As bacias hidrográficas que se encontram totalmente ou parcialmente dentro da regionalização do bioma Amazônia, base vetorial do IBGE, tiveram suas parcelas separadas daquelas pertencentes ao bioma Cerrado, e inclusas ao bioma Amazônia, para fins de análise em conformidade com os níveis de referências de emissões florestais conhecidos (o FREL Amazônico e o FREL Cerrado).

A distribuição das parcelas de inventário florestal nos biomas Amazônia e Cerrado, no estado do Tocantins, podem ser visualizadas na Figura 19.

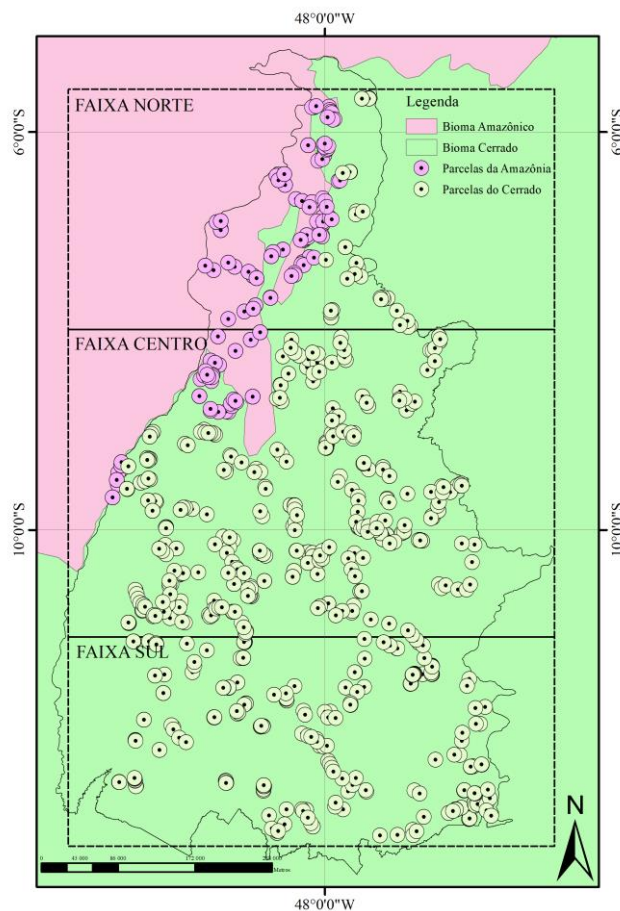


Figura 19 – Distribuição das parcelas de inventário florestal nos biomas Amazônia e Cerrado, no estado do Tocantins



Devido a escala de regionalização do ambiente Amazônico pelo IBGE ser de 1:1.000.000, e o inventário florestal do Tocantins ter sido concebido em uma escala mínima de detalhes de 1:100.000, percebeu-se viável, conforme critério apresentado anteriormente, que as bacias hidrográficas dos rios Araguaia, Bananal, Barreiras, Corda, Cunhãs, Jenipapo, Lontra, Muricizal, e Piranhas sejam as unidades de planejamento ambiental representantes do bioma da Amazônia, em razão de serem influenciadas por esta mesma comunidade biótica.

Assim sendo, do total de 1935 parcelas, 378 parcelas (cerca de 19,53%) ficaram inclusas no bioma Amazônia, totalizando uma área amostral de 17,64 ha, e o restante (1557 parcelas), correspondendo a aproximadamente 80,47% do total, estão inseridas no bioma Cerrado, alcançando uma área total de 75,15 ha.

Foi necessário também classificar cada fitofisionomia identificada e descrita no IF-TO dentro da nomenclatura de classes apresentadas no FREL Cerrado e Amazônia, conforme encontra-se apresentado na sequência.

4.1. Classificação das fitofisionomias descritas no IF-TO conforme nomenclatura de classes apresentadas no FREL Cerrado e Amazônia

A partir da análise do FREL Cerrado e do FREL Amazônia, foi necessário realizar o enquadramento dos tipos de fitosionomias trabalhadas no IF-TO, dentro das classes utilizadas nos referidos documentos, cuja nomenclatura corresponde à Classificação da Vegetação do IBGE (2012).

Para as fitofisionomias que não possuíam correspondência direta com o FREL Cerrado e Amazônia, foi realizada uma consulta ao Coordenador da equipe do IF-TO (Dr. Ricardo Flores Haidar) para a determinação da classe mais adequada.

O Quadro 2 apresenta o resultado da classificação das fitofisionomias descritas no IF-TO por faixa de estudo, em relação à classificação da vegetação utilizada no FREL Cerrado e Amazônia e o Quadro 3 apresenta a nova classificação de forma resumida.



Quadro 2 - Classificação das fitofisionomias descritas no IF-TO por faixa de estudo, em relação à classificação da vegetação utilizada no FREL Cerrado e Amazônia

FAIXA	Classe do IF-TO	Classe do FREL/IBGE	Sigla
NORTE			
	floresta estacional decidual e semidecidual	floresta estacional semidecidual submontana	Fs
	cerrado sentido restrito	savana arborizada	Sa
	floresta estacional e ombrófila	floresta estacional semidecidual submontana	Fs
	floresta estacional e ombrófila (carrasco alto)	floresta estacional semidecidual submontana	Fs
	floresta ombrófila	floresta ombrófila aberta submontana	As
	floresta ombrófila (Araguaia)	floresta ombrófila densa submontana	Ds
	mata de galeria e ciliar	floresta estacional semidecidual aluvial	Fa
CENTRO			
	floresta estacional decidual e semidecidual	floresta estacional semidecidual submontana	Fs
	cerradão	savana florestada	Sd
	cerrado sentido restrito	savana arborizada	Sa
	floresta estacional semidecidual aluvial	floresta estacional semidecidual aluvial	Fa
	floresta ombrófila aberta aluvial	floresta ombrófila aberta aluvial	Aa
	ipuca	floresta estacional semidecidual aluvial	Fa
	mata ciliar	floresta estacional semidecidual aluvial	Fa
	mata de galeria	floresta estacional semidecidual aluvial	Fa
	mata de galeria e ciliar	floresta estacional semidecidual aluvial	Fa
SUL			
	floresta estacional decidual e semidecidual	floresta estacional semidecidual submontana	Fs
	cerradão	savana florestada	Sd
	cerrado sentido restrito	savana arborizada	Sa
	floresta estacional semidecidual submontana	floresta estacional semidecidual submontana	Fs
	mata de galeria e ciliar	floresta estacional semidecidual aluvial	Fa

Obs.: Classificação baseada no IBGE (2012) e utilizadas no FREL Cerrado (2016) e FREL Amazônia (2018), que contou com o apoio de um dos autores do IF-TO, Engenheiro Florestal, Dr. Ricardo Haidar



Quadro 3 – Resumo da classificação das fitofisionomias descritas no IF-TO em relação à classificação utilizada no FREL Cerrado e Amazônia

Fitofisionomias do IF-TO	Classe de vegetação correspondente no FREL Cerrado e Amazônia/IBGE	Sigla
floresta estacional semidecidual aluvial, ipuca, mata ciliar, mata de galeria, mata de galeria e ciliar	floresta estacional semidecidual aluvial	Fa
floresta estacional decidual e semidecidual, floresta estacional e ombrófila, floresta estacional e ombrófila (carrasco alto), floresta estacional semidecidual submontana.	floresta estacional semidecidual submontana	Fs
floresta ombrófila aberta aluvial	floresta ombrófila aberta aluvial	Aa
floresta ombrófila	floresta ombrófila aberta submontana	As
floresta ombrófila (Araguaia)	floresta ombrófila densa submontana	Ds
cerrado sentido restrito	savana arborizada	Sa
cerradão	savana florestada	Sd

Obs.: Classificação baseada no IBGE (2012) e utilizadas no FREL Cerrado (2016) e FREL Amazônia (2018), que contou com o apoio de um dos autores do IF-TO, Engenheiro Florestal, Dr. Ricardo Haidar

Para facilitar a compreensão dessa classificação, realizou-se também uma breve descrição das características de cada fitofisionomia, conforme a classificação da vegetação brasileira (IBGE, 2012), utilizada no FREL Cerrado e Amazônia, relacionadas às fitofisionomias identificadas no Inventário Florestal do Tocantins (Quadro 4).



Quadro 4 – Descrição das características de cada fitofisionomia conforme a classificação da vegetação brasileira de acordo com utilizado no FREL Cerrado e Amazônia - IBGE (2012), relacionadas às fitofisionomias identificadas no Inventário Florestal do Tocantins

Fitofisionomias	Sigla	Características - descrições
savana arborizada (campo cerrado, cerrado típico, ralo, denso)	Sa	Subgrupo de formação natural ou antropizado que se caracteriza por apresentar uma fisionomia nanofanerofítica rala e outra hemcriptofítica graminóide contínua, sujeito ao fogo anual. As sinúsias dominantes formam fisionomias ora mais abertas (Campo Cerrado), ora com a presença de um scrub adensado, Cerrado propriamente dito. A composição florística, apesar de semelhante à da Savana Florestada, possui espécies dominantes que caracterizam os ambientes de acordo com o espaço geográfico ocupado
savana florestada (cerradão)	Sd	Subgrupo de formação com fisionomia típica e característica restrita a áreas areníticas lixiviadas com solos profundos, ocorrendo em um clima tropical eminentemente estacional. Apresenta sinúsias lenhosas de micro e nanofanerófitos, tortuosos com ramificação irregular, providos de macrófitos esclerófitos perenes ou semidecíduos, ritidoma esfoliado corticoso rígido ou córtex maciamente suberoso, com órgãos de reserva subterrâneos ou xilopódios, cujas alturas variam de 6 a 8 m. Em alguns locais, apresenta sinúsias lenhosas de meso e microfanerófitos com altura média superior aos 10 m, sendo muito semelhante, fisionomicamente, a Florestas Estacionais, apenas diferindo destas na sua composição florística.
floresta estacional semidecidual aluvial	Fa	Este tipo florestal é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional, que determina semideciduidade da folhagem da cobertura florestal. Na zona tropical, associa-se à região marcada por acentuada seca hiberna e por intensas chuvas de verão. A porcentagem das árvores caducifólias no conjunto florestal, e não das espécies que perdem as folhas individualmente, situa-se, ordinariamente, entre 20% e 50%. A formação Aluvial está sempre presente nas planícies e em alguns terraços mais antigos das calhas dos rios.
floresta estacional semidecidual submontana	Fs	Este tipo florestal é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional que determina semideciduidade da folhagem da cobertura florestal. Na zona tropical, associa-se à região marcada por acentuada seca hiberna e por intensas chuvas de verão. A porcentagem das árvores caducifólias no conjunto florestal, e não das espécies que perdem as folhas individualmente, situa-se, ordinariamente, entre 20% e 50%. A formação Submontana situa-se na faixa altimétrica que varia de 100 a 600m na latitude de 4° Norte até 16 S.º.
floresta ombrófila aberta aluvial	Aa	Formação estabelecida ao longo dos cursos de água, ocupa as planícies e terraços periodicamente ou permanentemente inundados, que na Amazônia constituem fisionomias de matas-de-várzea ou matas-de-igapó, respectivamente. Ocorre normalmente em áreas que apresentam entre 2 a 4 meses secos e temperaturas médias entre 24 °C e 25 °C. Tem composição florística e características ecológicas predominantes, semelhantes às da Floresta Ombrófila Densa Aluvial, apenas na fisionomia destaca-se por apresentar um grande número de palmeiras de grande porte que, não raro, formam gregarismos. Às vezes destaca-se, também, pela dominância de lianas lenhosas e herbáceas, cobrindo um rarefeito estrato de árvores.
floresta ombrófila aberta submontana	As	Apresenta-se em áreas com gradiente climático variando entre 2 a 4 meses secos, identificados através da curva ombrotérmica, e temperaturas médias entre 24 °C e 25 °C. Esta formação pode ser observada distribuída por toda a Amazônia e mesmo fora dela principalmente com a faciação floresta com palmeiras. Na Amazônia, ocorre com as quatro faciações florísticas (com palmeiras, com cipó, com sororoca e com bambu). A formação Submontana situa-se na faixa altimétrica que varia de 100 a 600m na latitude de 4° Norte até 16 S.º.
floresta ombrófila densa submontana	Ds	Ocorre em regiões com elevadas temperaturas (médias de 25° C) e de alta precipitação, bem distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos), o que determina uma situação bioecológica praticamente sem período seco. As áreas dissecadas do relevo montanhoso e dos planaltos com solos medianamente profundos são ocupadas por uma formação florestal que apresenta fanerófitos com altura uniforme. A submata é integrada por plântulas de regeneração natural, poucos nanofanerófitos e caméfitos, além da presença de palmeiras de pequeno porte e lianas herbáceas em maior quantidade. Esta formação é composta principalmente por fanerófitos de alto porte, alguns ultrapassando 50 m na Amazônia e raramente 30 m nas outras partes do País. A formação Submontana situa-se na faixa altimétrica que varia de 100 a 600m na latitude de 4° Norte até 16 S.º.

Fonte: Extraído na íntegra do Manual Técnico da Vegetação Brasileira do IBGE (2012) e utilizado no FREL Cerrado e FREL Amazônia



4.2. Estimativa de biomassa e carbono, a partir da metodologia descrita no FREL Cerrado e FREL Amazônia

No IF-TO, além das estimativas de biomassa e carbono acima do solo das árvores (AGB e AGC) (estimados para todas as fitofisionomias), também foi estimado o componente de biomassa abaixo do solo (BGB) raízes para as fisionomias de cerrado sentido restrito. No FREL-Cerrado foram estimados valores de biomassa (e carbono associado) para outros compartimentos: biomassa acima do solo de árvores (AGB), biomassa abaixo do solo (BGB) (raízes), biomassa de liteira (LTB) e biomassa de madeira morta (DWB). No FREL-Amazônia foram estimados valores de biomassa (e carbono associado) para os seguintes compartimentos: AGB, biomassa acima do solo da vegetação (árvores, palmeiras e lianas) (AGVB) e biomassa total (TB), que inclui AGVB, BGB e LTB.

No presente estudo, foram calculadas novas estimativas de biomassa e carbono, a partir de dados de parcelas do IF-TO, de acordo com as classes de vegetação e metodologia do FREL-Cerrado e FREL-Amazônia, incluindo seus fatores de expansão e conversão e todos os compartimentos.

As estimativas produzidas para todas as fisionomias no bioma Cerrado foram produzidas de acordo com o FREL-Cerrado. Para as fisionomias da Amazônia, foi utilizado o protocolo adotado no FREL-Amazônia para todas as fisionomias, exceto para o cerrado sentido restrito (savana arborizada - Sa). A razão disso é que no próprio FREL - Amazônia foram adotados os valores médios produzidos para o bioma Cerrado, partir de consulta bibliográfica, já que não havia dados suficientes para produção de estimativas a partir de dados coletados na Amazônia.

Também foi realizada a conversão de Carbono ($t.ha^{-1}$) para CO_2 ($t.ha^{-1}$), por meio da multiplicação da estimativa de CT por 3,67. Com isso foi possível estimar as emissões de CO_2 por unidade de área e por fitofisionomia.

4.2.1. Metodologia utilizada para produção de estimativas, a partir do FREL Cerrado

No FREL Cerrado (MMA, 2016), além terem sido incluídos outros compartimentos (de carbono e biomassa), destacam-se as diferenças no fator de conversão de biomassa para carbono no (IF-TO = 0,5 e FREL Cerrado=0,47) (para todas as fisionomias) e no fator de expansão para estimar a BGB (IF-TO = 2,75 e FREL Cerrado =1,66) (para a fisionomia de cerrado sentido restrito).

No FREL Cerrado, na ausência de expansão disponíveis para determinado compartimento, foram utilizados valores médios de referência, baseados na literatura.



No Quadro 5 estão descritos os valores médios de referência e fatores de expansão para estimar as biomassa dos diferentes compartimentos utilizados no FREL Cerrado, a partir de dados de AGB.

Para aplicar os fatores de expansão e conversão do FREL Cerrado foram realizadas as seguintes etapas:

- a) Compatibilização da classe de vegetação adotada no IF-TO com a classe de vegetação do IBGE, adotada no FREL Cerrado. Para isso foram feitas consultas à classificação da vegetação do IBGE (2012) e consulta ao Coordenador de Campo do IF-TO (Dr. Ricardo Flores Haidar).
- b) Conversão de valores de carbono acima do solo de árvores (AGC) do IF-TO (estimados a partir da equação de Rezende et al. (2006) para cerrado sentido restrito e a partir da equação de Higuchi et al. (1998) em valores de AGB. Considerando que no IF-TO foi utilizado o fator de conversão = 0,50, essa conversão se deu a partir da seguinte equação: $AGB = AGC / 0,50$).
- c) A partir de valores de AGB, foram aplicados todos os fatores de conversão (fator de conversão de biomassa para carbono = 0,47) e de expansão do FREL Cerrado (Quadro 5).



Quadro 5 – Valores médios de referência e fatores de expansão para estimar a biomassa abaixo do solo (BGB) (raízes), a biomassa da madeira morta (DWB) e a biomassa da serapilheira (LTB), a partir da biomassa acima do solo (AGB) de árvores, para as diferentes classes de vegetação do IBGE, utilizados no FREL-Cerrado, e respectivas fontes

Sigla	Classe de vegetação	BGB	DWB	LTB
Aa	floresta ombrófila aberta aluvial	Fator = 0,10 (non-dense) (NOGUEIRA et al., 2008)	Fator = 0,081 (non-dense) (NOGUEIRA et al., 2008)	Fator = 0.059 (non-dense) (NOGUEIRA et al., 2008)
As	floresta ombrófila aberta submontana			
Ds	floresta ombrófila densa submontana	Fator = 0,31 (dense) (NOGUEIRA et al., 2008)	Fator = 0,094 (dense) (NOGUEIRA et al., 2008)	Fator = 0.041 (dense) (NOGUEIRA et al., 2008)
Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	Fator = 0,20 para biomassa <125 t/ha Fator = 0,24 para biomassa >125 t/ha (Tabela 4.4 IPCC Tropical moist deciduos forest) (IPCC, 2006)	Fator = 0,11 (dead wood stock/live - Tropical forest - Tabela 3.2.2) (IPCC, 2003)	Fator = 0,024 (Mata mesófila ciliar Mata atlântica/SP) (MOREIRA-BURGER; DELITTI, 1998)
Fs	floresta estacional semidecidual submontana			Fator = 0,066 (Floresta Estacional Semidecidual Montana – MG (AMARO et al., 2013)
Sa	savana arborizada	Fator = 1,66 (Shrublands) (MIRANDA et al., 2014)	Valor médio: 0,28 t C/ha (OTTMAR et al., 2001)	Valor médio; 3,37 t C/ha (OTTMAR et al., 2001)
Sd	savana florestada	Fator = 0.22 (Forestlands) (DURINGAN et al., 2012 apud MIRANDA et al., 2014)	Fator = 0,11 (dead wood stock/live - Tropical forest - Tabela 3.2.2) (IPCC, 2003)	Fator = 0,066 (Floresta Estacional Semidecidual Montana – MG) (AMARO et al., 2013)

Fonte: FREL Cerrado, MMA (2016)



4.2.2. Metodologia utilizada para produção de estimativas, a partir do FREL Amazônia

É importante ressaltar que, ao contrário do FREL-Cerrado (que foi baseado na III Comunicação do Brasil de Emissão de Gases de efeito à UNFCCC (BRASIL, 2016), o FREL-Amazônia foi baseado na II Comunicação do Brasil de emissão de Gases de Efeito Estufa à UNFCCC (BRASIL, 2010). Assim, a metodologia do FREL- Cerrado foi baseada em métodos e dados mais robustos que os do FREL-Amazônia. Essas diferenças refletem na diferença entre compartimentos avaliados no FREL-Cerrado e FREL-Amazônia. Este último se limitou aos seguintes compartimentos: biomassa acima do solo de árvores (AGB), biomassa acima do solo da vegetação (AGVB) (que inclui árvores, palmeiras e lianas) e biomassa total da vegetação (que inclui a AGVB), a biomassa de serapilheira (LTB) e biomassa abaixo do solo (BGB).

Outra simplificação do FREL-Amazônia, em relação ao FREL-Cerrado, é que ao contrário do FREL-Cerrado (que estabelece diferentes fatores de expansão para diferentes classes de vegetação), no FREL-Amazônia foram utilizados os mesmos fatores de expansão para todas as fisionomias contempladas no RADAM-Brasil.

O FREL-Amazônia foi baseado na extrapolação de dados de campo coletado no âmbito do projeto RADAM-Brasil realizado no período 1973 a 1987, o qual encontra-se resumido em 38 volumes que contêm mapas na escala 1: 1.000.000. Assim, toda a sua metodologia está vinculada ao RADAM-Brasil.

No FREL-Amazônia, as estimativas de carbono para classes de vegetação que não fazem parte do RADAM-Brasil, como as savana arborizada (que inclui o cerrado sentido restrito) foram baseadas em médias obtidas a partir de dados da literatura. Assim, para cerrado sentido restrito optou-se por adotar os métodos e fatores de expansão e conversão do FREL Cerrado, mais precisos do que simples médias obtidas na literatura e utilizados no FREL Amazônia.

No IF-TO foram amostradas parcelas de seis classes de vegetação no bioma Amazônia, (de acordo com a classificação do IBGE): floresta ombrófila aberta aluvial (Aa), floresta ombrófila aberta submontana (As), floresta ombrófila densa submontana (Ds), floresta estacional semidecidual aluvial (Fa), floresta estacional semidecidual submontana (Fs) e savana arborizadas (Sa). Três dessas (Fa, Fs e Sa) não foram amostradas no RADAM Brasil. Da mesma forma que no FREL Amazônia, no presente estudo, foram aplicados os mesmos fatores de expansão do FREL Amazônia para todas as fisionomias florestais.

Nas parcelas do RADAM Brasil foram amostradas apenas as árvores com circunferência a altura do peito (CAP) > 100 cm. Por essa razão, todos os fatores de expansão do FREL Amazônia foram gerados



em função do carbono acima do solo de árvores com CAP > 100cm. Assim, para aplicar os fatores expansão do FREL Amazônia foram realizadas as seguintes etapas:

- a) A partir de valores de carbono acima do solo (AGC) do IF-TO (estimados com a equação de Higuchi et al., 1998), foi estimado o AGC de dois compartimentos: árvores com CAP até 100 cm ($AGC_{CAP \leq 100cm}$) e árvores com CAP > 100cm ($AGC_{DAP > 100cm}$). Como no RADAM Brasil não foram coletados dados de árvores com CAP ≤ 100cm, no FREL-Amazônia foi necessário desenvolver um fator de expansão para estimar a contribuição dessas árvores. Assim, no FREL Amazônia foi adotada a seguinte relação: o $AGC_{CAP \leq 100cm}$ compreende 31,57% do AGC (de todas as árvores). Assim, assume-se que $AGC_{DAP > 100cm}$ compreende 68,84% do AGC (de todas as árvores). Assim, foram utilizadas as seguintes equações: a) $AGC_{CAP \leq 100cm} = AGC * 0.3157$, b) $AGC_{DAP > 100cm} = AGC * 0.6884$.
- b) Conversão de valores de AGC em AGB. O fator de conversão de biomassa para carbono utilizado no IF-TO foi de 0,5. Assim, a conversão de AGC para AGB foi realizada partir da seguinte equação: $AGB = AGC / 0.5$. Essa conversão foi realizada para os dois conjuntos de classe de tamanho de árvores: $AGB_{CAP \leq 100cm}$ e $AGB_{DAP > 100cm}$.
- c) No FREL-Amazônia, os fatores de expansão foram baseados em valores de biomassa fresca acima do solo de árvores com CAP > 100cm ($AGB_{(fresca) DAP > 100cm}$). Assim, foi necessário converter os valores AGB (que é baseado na massa seca) em ($AGB_{(fresca) DAP > 100cm}$). Essa conversão foi baseada no fator utilizado no IF-TO (no qual foi utilizado o fator de conversão de 0,6, detalhado na seção 2.2), por meio da seguinte equação: $AGB_{(fresca) DAP > 100} = AGB_{DAP > 100} / 0.6$.
- d) Conversão de $AGB_{(fresca) DAP > 100}$ em $AGC_{DAP > 100}$ (com o fator de expansão do FREL-Amazônia), conforme a seguinte equação: $AGB_{(fresca) DAP > 100} = 0.2859 * AGC_{DAP > 100}$. A partir das estimativas de $AGB_{(fresca) DAP > 100}$, foram aplicados diretamente os fatores de expansão do FREL-Amazônia.
- e) Estimativa do AGC de todas as árvores (todos os tamanhos), a partir do $AGC_{(fresca) DAP > 100}$, (com o fator de conversão do FREL-Amazônia de 1,315698), conforme a seguinte equação: $AGC = 1.3157 * AGC_{(fresca) DAP > 100}$.
- f) Estimativa do AGVC (incluindo árvores, palmeiras e lianas), a partir da $AGC_{(fresca) DAP > 100}$, (com o fator de conversão do FREL-Amazônia de 1,3717), conforme a seguinte equação: $AGC = 1.3717 * AGC_{(fresca) DAP > 100}$.



- g) Estimativa do CT (incluindo o AGVC, BGC e LTC), a partir da $AGC_{(fresca) DAP > 100}$, (com o fator de expansão do FREL-Amazônia de 1,9384), conforme a seguinte equação: $TC = 1.93848 * AGC_{(fresca)}$
- DAP > 100.

4.3. Resultados das estimativas de biomassa e carbono, de acordo como FREL Cerrado e FREL Amazônia

4.3.1. Resultados das estimativas de biomassa e carbono para o bioma Cerrado, de acordo como FREL-Cerrado

No Quadro 6 foram apresentadas as estimativas médias do estoque de carbono por compartimento e por fitofisionomia no bioma Cerrado no Tocantins, bem como de CO₂ por fitofisionomia, a partir de valores médios e fatores de expansão adotados no FREL Cerrado. Nesse quadro, estão apresentados também, os valores de referência do FREL do Cerrado do estoque de carbono total por fitofisionomia.

A planilha em fomato xls. completa, com as estimativas e médias de biomassa e carbono por compartimento das fitofisionomias encontra-se no elencada no Anexo ao final deste documento.

Considerações acerca do fator de expansão do FREL-Cerrado e de Castro; Kauffman (1998)

Vale destacar que no FREL-Cerrado, com relação à fitofisionomia especificamente do cerrado sentido restrito, para a estimativa do BGB foi adotado o fator de 1,66. Esse valor é baseado no trabalho realizado por Miranda et al. (2014), a qual fez uma extensa revisão acerca de estimativa de biomassa (AGB e BGB) acima e abaixo do solo) no Cerrado. O valor obtido por Miranda et al. (2014) foi a média de todos fatores de BGB encontrados em todos os estudos disponíveis na literatura até então. Contudo, tais estudos foram realizados por meio de protocolos diferentes (com espessura de raízes diferentes e profundidade de solo diferentes). Nessa revisão, observa-se que apenas Castro; Kauffman (1998) consideraram a profundidade do solo de 2 m para a estimativa de BGB, enquanto os demais estudos avaliaram apenas até 1 m.

Castro; Kauffman (1998) estimou fatores de BGB para cerrado denso (3,29) e para cerrado aberto (3,64) (MIRANDA et al., 2014). A média desses dois fatores é 3,456.



Assim recomenda-se considerar possibilidade de utilizar esse fator (3,465) como fator de BGB para cerrado sentido restrito.

Nesse sentido, o Quadro 7 apresenta a comparação das estimativas de BGB e BGC com os fatores do FREL Cerrado (de 1,66) (MIRANDA et al. 2014) e de 3,465 (CASTRO; KAUFFMAN, 1998), a partir de médias estimadas com os dados do IF-TO para cerrado sentido restrito (savana arborizada).

Nota-se que para uma média de AGC de $25,94 \text{ t ha}^{-1}$, a estimativa de BCB (com o fator 3,4650) foi de $42,25 \text{ t ha}^{-1}$, enquanto o BGB (com o fator de 1,66) foi de 20,24, ou seja, uma diferença significativa de $22,01 \text{ t ha}^{-1}$.



Quadro 6 - Estimativas do estoque médio de carbono por compartimento e de CO₂ para fitofisionomias situadas no bioma Cerrado no estado de Tocantins, calculadas a partir de valores médios e fatores de expansão adotados no FREL Cerrado

Fitofisionomias do IF-TO	Classe de vegetação correspondente no FREL/IBGE	Sigla	Carbono acima do solo (AGC) árvores (razão = 0,47) (t.ha ⁻¹)	Carbono subterrâneo (BGC) (raízes) (t.ha ⁻¹)	Carbono total das árvores (TTC) (total tree carbon) (TTC = AGC+BGC) (t.ha ⁻¹)	Carbono da madeira morta - necromassa (DWC) (t.ha ⁻¹)	Carbono da serapilheira (LTC) (t. ha ⁻¹)	Carbono total (TC) (TC= AGC+BGC+ LTC+DWC) (t.ha ⁻¹)	Carbono total (TC) (t.ha ⁻¹) Valores referência FREL Cerrado	CO ₂ (t.ha ⁻¹) ref. ao TC do IF-TO
floresta estacional semidecidual aluvial, ipuca, mata ciliar, mata de galeria, mata de galeria e ciliar	floresta estacional semidecidual aluvial	Fa	87,78	20,55	108,32	9,66	2,11	120,08	98,27	440,69
floresta estacional decidual e semidecidual, floresta estacional e ombrófila, floresta estacional e ombrófila (carrasco alto), floresta estacional semidecidual submontana.	floresta estacional semidecidual submontana	Fs	78,12	18,12	96,24	8,59	5,16	109,99	87,55	403,66
cerrado sentido restrito	savana arborizada	Sa	12,30	20,42	32,71	0,28	3,37	36,36	39,92	133,44
cerradão	savana florestada	Sd	65,57	14,43	80,00	7,21	4,33	91,54	49,76	335,95

Obs.: A planilha Excel completa contendo as estimativas médias de Biomassa e Carbono por compartimento das fitofisionomias localizadas no bioma Cerrado, utilizando valores médios e fatores de expansão adotados pelo FREL Cerrado, está informada no Anexo.

Quadro 7 - Comparação das estimativas de biomassa e de carbono do componente lenhoso, considerando a razão raiz: parte aérea de 1,66 (MIRANDA et al. 2014) e de 3,465 (CASTRO; KAUFFMAN, 1998), para cerrado sentido restrito (savana arborizada - Sa) – bioma Cerrado

Razão BS:BA	Biomassa acima do solo (AGB) das árvores (t ha ⁻¹)	Carbono acima do solo (AGC) árvores (razão = 0,47 do FREL-Cerrado) (t.ha ⁻¹)	Biomassa abaixo do solo (BGB) (raízes) (t ha ⁻¹)	Carbono abaixo do solo - (BGC) (subterrâneo- raízes) (t.ha ⁻¹)	Biomassa total das árvores (TTB) (AGB+BGB) (t ha ⁻¹)	Carbono total das árvores (TTC) (total tree carbon) (TTC = AGC+BGC) (t.ha ⁻¹)
Razão 1,66*	25,94 ^(a)	12,19	43,06	20,24	69,00	32,43
Razão 3,465**	25,94 ^(a)	12,19	89,89	42,25	115,83	54,44
Diferença absoluta (t ha ⁻¹)			46,82	22,01	46,82	22,01

*Miranda et al. (2014); **Castro; Kauffman (1998)

^(a) Valor médio da biomassa acima do solo (AGB) para esta fitofisionomia, extraído da Tabela 5.



4.3.2. Resultados das estimativas de biomassa e carbono para o bioma Amazônia, de acordo como FREL Amazônia

No Quadro 8 estão apresentadas as estimativas para diferentes compartimentos de fisionomias do IF-TO situadas no bioma Amazônia, obtidas segundo o FREL Amazônia, para formações florestais e o FREL Cerrado, para formações savânicas, como o cerrado sentido restrito.

Além disso, estão apresentados no Quadro 8, as estimativas de TC por fisionomia, bem como o respectivos valores de CO₂ por fisionomia.

No FREL Amazônia não apresenta valores de referência como no documento do FREL Cerrado, e sim são apresentados valores de estoque de carbono por fitofisionomia em volumes. De acordo com o mapa apresentado na Figura 3.11 da Segunda Comunicação Nacional do Brasil (BRASIL, 2010), nota-se que os volumes 04 e 22 fazem intersecção com o estado do Tocantins.

Um total de 1.710 amostras foram consideradas pelo RADAMBRASIL para estimar estoque de carbono nas fisionomias florestais da Amazônia. Contudo as classes agrupadas de vegetação florestal identificadas no RADAMBRASIL descritas na Tabela 3.89, são para as seguintes fitofisionomias: Aa, Ab, As, Da, Db, Dm, Ds e La.

Sendo assim, para essas fisionomias e com base na Tabela 3.89 da Segunda Comunicação Nacional do Brasil (BRASIL, 2010), que relaciona os volumes 04 e 22, aos valores do estoque médio de carbono por fitofisionomia, calculou-se a média entre os valores relacionados aos volumes 04 e 22.

Para as fitofisionomias identificadas no bioma Amazônia no estado do Tocantins, como: Fa, Fs e Sa, e não constantes na tabela 3.89 do Brasil (2010), considerou-se neste trabalho os valores de referência do FREL Cerrado.

Esses valores de referência do FREL Amazônia do estoque de carbono total por fitofisionomia, foram incorporados no Quadro 8.

A planilha em fomato xls. completa, com as estimativas e médias de biomassa e carbono por compartimento das fitofisionomias deste bioma, encontra-se no elencada no Anexo ao final deste documento.



Quadro 8 - Estimativas do estoque médio de carbono por compartimento e de CO₂ para fitofisionomias no bioma Amazônia no Tocantins, calculadas a partir de fatores de expansão adotados no FREL Amazônia para florestas e no FREL Cerrado para fisionomias savânicas

a) Formações florestais do RADAM Brasil										
Fitofisionomias do IF-TO		Classe de vegetação correspondente no FREL/IBGE		Sigla	Carbono acima do solo (AGC) árvores (t.ha ⁻¹)	Carbono de vegetação acima do solo (AGVC) todas as árvores, palmeiras e lianas (t.ha ⁻¹)		Carbono total (TC) TC= AGVC+LTC+ BGC (t.ha ⁻¹)	Carbono total (TC) (t ha ⁻¹) FREL Amazônia	CO ₂ (t ha ⁻¹) ref. ao TC do IF-TO
floresta estacional semidecidual aluvial, ipuca, mata ciliar, mata de galeria, mata de galeria e ciliar		floresta estacional semidecidual aluvial		Fa	123,56	128,82		182,04	98,27	668,08
floresta estacional decidual e semidecidual, floresta estacional e ombrófila, floresta estacional e ombrófila (carrasco alto), floresta estacional semidecidual submontana.		floresta estacional semidecidual submontana		Fs	62,39	65,05		91,92	87,55	337,35
floresta ombrófila aberta aluvial		floresta ombrófila aberta aluvial		Aa	30,11	31,39		44,36	121,81	162,80
floresta ombrófila		floresta ombrófila aberta submontana		As	89,25	93,05		131,49	113,34	482,57
floresta ombrófila (Araguaia)		floresta ombrófila densa submontana		Ds	91,19	95,07		134,35	146,92	493,06
b) Formação savânica										
Fitofisionomias IF-TO	Classe de vegetação correspondente no FREL/IBGE	Sigla	Carbono acima do solo (AGC) das árvores razão=0,47 (t ha ⁻¹)	Carbono abaixo do solo (BGC) (raízes) (t ha ⁻¹)	Carbono total das árvores (TTC) TTC= AGC+BGC (t ha ⁻¹)	Carbono da madeira morta (DWC) (t ha ⁻¹)	Carbono da serapilh eira (LTC) (t ha ⁻¹)	Carbono total (TC) AGC+BGC +LTC+DW C) (t ha ⁻¹)	(TC) (t ha ⁻¹) FREL Amazônia	CO ₂ (t ha ⁻¹) ref. TC do IF-TO
cerrado sentido restrito	savana arborizada	Sa	11,56	19,20	30,76	0,28	3,37	34,41	39,92	126,28



Quadro 9 – Valores médios de carbono total (TC) para cada bioma (Amazônia e Cerrado), por classe de vegetação do IBGE (FREL Cerrado e FREL Amazônia) e fitofisionomias no IF-TO

Bioma/ Fisionomia-IBGE/Fisionomia IF-TO	(TC) (t.ha ⁻¹)
Amazônia	117,49
Aa	44,36
floresta ombrófila aberta aluvial	44,36
As	131,49
floresta ombrófila	131,49
Ds	134,35
floresta ombrófila (Araguaia)	134,35
Fa	182,04
floresta estacional semidecidual aluvial	165,48
mata de galeria	62,92
mata de galeria e ciliar	208,52
Fs	91,92
floresta estacional decidual e semidecidual	88,02
floresta estacional e ombrófila (carrasco alto)	97,98
Sa	34,41
cerrado sentido restrito	34,41
Cerrado	96,82
Fa	120,08
Ipuca	123,41
mata ciliar	151,95
Mata de galeria	133,91
Mata de galeria e ciliar	110,85
Fs	109,99
floresta estacional decidual e semidecidual	113,04
floresta estacional e ombrófila	95,39
floresta estacional e ombrófila (carrasco alto)	90,80
floresta estacional semidecidual submontana	89,84
Sa	36,36
cerrado sentido restrito	36,36
Sd	91,54
cerradão	91,54



4.4. Estatísticas descritivas dos valores de carbono lenhoso e carbono total para as diferentes fitofisionomias

Foram determinadas as seguintes estatísticas descritivas para cada tipo de fitosionomia, a média, desvio padrão, erro amostral absoluto (a 95% de probabilidade), erro amostral relativo e limites (superior e inferior) de intervalo de confiança (IC), erro de cálculo de IC de carbono, conforme PÉLICO NETTO e BRENA (1997) e FELFILI et al. (2011), para o estoque de carbono de cada compartimento.

As Tabelas 8, 9 e 10 apresentam, respectivamente, estimativas para AGC, TTC e TC para o bioma Cerrado. As Tabelas 11, 12 e 13 apresentam, respectivamente, estimativas para AGC, AGVC e TC para o bioma Cerrado.



Tabela 8 – Estimativas e estatística descritiva do estoque de carbono acima do solo (AGC) de árvores nas fitofisionomias do bioma Cerrado no estado do Tocantins, a partir do FREL Cerrado

Classe de vegetação IBGE/ fisionomia do IF- TO	No. de Parcelas	valor de t (a= 0,05)	Média de AGC (t.ha ⁻¹)	Desvio Padrão de AGC (t.ha ⁻¹)	Erro padrão (t ha ⁻¹)	Erro de amostragem absoluto (t.ha ⁻¹)	Erro de amostragem relativo (%)	Limite inferior de IC (t ha ⁻¹)	Limite superior de IC (t ha ⁻¹)
Fa	747	1,96	87,78	56,98	2,08	4,09	4,66	83,68	91,87
ipuca	10	2,26	89,94	48,33	15,28	34,57	38,44	55,37	124,52
mata ciliar	94	1,99	110,76	46,55	4,80	9,54	8,61	101,22	120,29
mata de galeria	126	1,98	97,75	52,94	4,72	9,33	9,55	88,41	107,08
mata de galeria e ciliar	517	1,96	81,12	58,47	2,57	5,05	6,23	76,07	86,18
Fs	381	1,97	78,12	42,50	2,18	4,28	5,48	73,84	82,40
floresta estacional decidua e semidecidual	325	1,97	80,25	44,00	2,44	4,80	5,98	75,45	85,06
floresta estacional e ombrófila	21	2,09	67,99	37,91	8,27	17,26	25,38	50,74	85,25
floresta estacional e ombrófila (carrasco alto)	22	2,08	64,71	29,82	6,36	13,22	20,43	51,49	77,93
floresta estacional semidecidual submontana	13	2,18	63,90	10,48	2,91	6,33	9,91	57,56	70,23
Sa	365	1,97	12,30	7,50	0,39	0,77	6,28	11,53	13,07
cerrado sentido restrito	365	1,97	12,30	7,50	0,39	0,77	6,28	11,53	13,07
Sd	64	2,00	65,57	23,56	2,95	5,89	8,98	59,69	71,46
cerradão	64	2,00	65,57	23,56	2,95	5,89	8,98	59,69	71,46



Tabela 9 – Estimativas e estatística descritiva do estoque de carbono total das árvores (TTC) nas fitofisionomias do bioma Cerrado no Estado do Tocantins, partir do FREL-Cerrado, $TTC = AGC + BGC$

Classe de vegetação IBGE/ fisionomia do IF-TO	Número de Parcelas	valor de t (a= 0,05)	Média de TTC (t ha ⁻¹)	Desvio Padrão de TTC (t ha ⁻¹)	Erro padrão (t ha ⁻¹)	Erro de amostragem absoluto (t ha ⁻¹)	Erro de amostragem relativo (%)	Limite inferior de IC (t ha ⁻¹)	Limite superior de IC (t ha ⁻¹)
Fa	747	1,96	108,32	71,05	2,60	5,10	4,71	103,22	113,43
ipuca	10	2,26	111,35	60,12	19,01	43,01	38,62	68,35	154,36
mata ciliar	94	1,99	137,11	58,03	5,99	11,89	8,67	125,23	149,00
mata de galeria	126	1,98	120,81	66,04	5,88	11,64	9,64	109,17	132,46
mata de galeria e ciliar	517	1,96	99,98	72,90	3,21	6,30	6,30	93,69	106,28
Fs	381	1,97	96,24	53,17	2,72	5,36	5,56	90,89	101,60
floresta estacional decidual e semidecidual	325	1,97	98,92	55,02	3,05	6,00	6,07	92,91	104,92
floresta estacional e ombrófila	21	2,09	83,43	47,62	10,39	21,68	25,98	61,75	105,10
floresta estacional e ombrófila (carrasco alto)	22	2,08	79,41	37,63	8,02	16,68	21,01	62,72	96,09
floresta estacional semidecidual submontana	13	2,18	78,59	13,78	3,82	8,33	10,60	70,26	86,92
Sa	365	1,97	32,71	19,95	1,04	2,05	6,28	30,66	34,77
cerrado sentido restrito	365	1,97	32,71	19,95	1,04	2,05	6,28	30,66	34,77
Sd	64	2,00	80,00	28,75	3,59	7,18	8,98	72,82	87,18
cerradão	64	2,00	80,00	28,75	3,59	7,18	8,98	72,82	87,18



Tabela 10 – Estimativas e estatística descritiva do estoque de carbono total (TC) nas fitofisionomias do bioma Cerrado no Estado do Tocantins, a partir do FREL-Cerrado, TC= AGC+BGC+LTC +DWC

Classe de vegetação IBGE/ fisionomia do IF-TO	No. de Parcelas	valor de t (a= 0,05)	Média de TC (t.ha ⁻¹)	Desvio Padrão de TC (t ha ⁻¹)	Erro padrão (t ha ⁻¹)	Erro de amostragem absoluto (t ha ⁻¹)	Erro de amostragem relativo (%)	Limite inferior de IC (t ha-1)	Limite superior de IC (t ha-1)
Fa	747	1,96	120,08	78,69	2,88	5,65	4,71	114,43	125,74
ipuça	10	2,26	123,41	66,59	21,06	47,64	38,60	75,77	171,05
mata ciliar	94	1,99	151,95	64,27	6,63	13,16	8,66	138,79	165,12
mata de galeria	126	1,98	133,91	73,13	6,52	12,89	9,63	121,02	146,81
mata de galeria e ciliar	517	1,96	110,85	80,73	3,55	6,98	6,29	103,88	117,83
Fs	381	1,97	109,99	60,65	3,11	6,11	5,55	103,89	116,10
floresta estacional decidual e semidecidual	325	1,97	113,04	62,76	3,48	6,85	6,06	106,19	119,89
floresta estacional e ombrófila	21	2,09	95,39	54,29	11,85	24,71	25,91	70,68	120,11
floresta estacional e ombrófila (carrasco alto)	22	2,08	90,80	42,88	9,14	19,01	20,94	71,79	109,81
floresta estacional semidecidual submontana	13	2,18	89,84	15,63	4,33	9,44	10,51	80,40	99,28
Sa	365	1,97	36,36	19,95	1,04	2,05	5,65	34,31	38,42
cerrado sentido restrito	365	1,97	36,36	19,95	1,04	2,05	5,65	34,31	38,42
Sd	64	2,00	91,54	32,90	4,11	8,22	8,98	83,32	99,76
cerradão	64	2,00	91,54	32,90	4,11	8,22	8,98	83,32	99,76



Tabela 11 – Estimativas e estatística descritiva do estoque de carbono acima do solo (AGC) de árvores nas fitofisionomias do bioma Amazônia no Estado do Tocantins, a partir do FREL-Amazônia

Classe de vegetação IBGE/ fisionomia do IF-TO	Parcelas	valor de t (a= 0,05)	Média de AGC (t.ha ⁻¹)	Desvio Padrão de AGC (t.ha ⁻¹)	Erro padrão (t.ha ⁻¹)	Erro de amostragem absoluto (t.ha ⁻¹)	Erro de amostragem relativo (%)	Limite inferior de IC (t ha ⁻¹)	Limite superior de IC (t ha ⁻¹)
Aa	10	2,26	30,11	11,93	3,77	8,53	28,34	21,58	38,64
floresta ombrófila aberta aluvial	10	2,26	30,11	11,93	3,77	8,53	28,34	21,58	38,64
As	42	2,02	89,25	61,06	9,42	19,03	21,32	70,22	108,28
floresta ombrófila	42	2,02	89,25	61,06	9,42	19,03	21,32	70,22	108,28
Ds	29	2,05	91,19	52,88	9,82	20,12	22,06	71,07	111,31
floresta ombrófila (Araguaia)	29	2,05	91,19	52,88	9,82	20,12	22,06	71,07	111,31
Fa	120	1,98	123,56	85,19	7,78	15,40	12,46	108,16	138,96
floresta estacional semidecidual aluvial	40	2,02	112,32	57,94	9,16	18,53	16,50	93,79	130,85
mata de galeria	10	2,26	42,71	14,61	4,62	10,45	24,48	32,25	53,16
mata de galeria e ciliar	70	1,99	141,54	95,73	11,44	22,83	16,13	118,71	164,36
Fs	115	1,98	62,39	31,59	2,95	5,84	9,35	56,56	68,23
floresta estacional decidual e semidecidual	70	1,99	59,75	32,97	3,94	7,86	13,16	51,88	67,61
floresta estacional e ombrófila (carrasco alto)	45	2,02	66,51	28,84	4,30	8,66	13,03	57,84	75,17



Tabela 12 – Estimativas e estatística descritiva do estoque de carbono de vegetação acima do solo (AGVC) incluindo todas as árvores, palmeiras e lianas nas fitofisionomias do bioma Amazônia no Estado do Tocantins, a partir do FREL Amazônia

Classe de vegetação IBGE/ fisionomia do IF-TO	No. Parcelas	Valor de t (a= 0,05)	Média de AGVC (t.ha ⁻¹)	Desvio Padrão de AGVC (t.ha ⁻¹)	Erro padrão (t.ha ⁻¹)	Erro de amostragem absoluto (t.ha ⁻¹)	Erro de amostragem relativo (%)	Limite inferior de IC (t.ha ⁻¹)	Limite superior de IC (t.ha ⁻¹)
Aa	10	2,26	31,39	13,11	4,14	9,38	29,87	22,01	40,76
floresta ombrófila aberta									
aluvial	10	2,26	31,39	13,11	4,14	9,38	29,87	22,01	40,76
As	42	2,02	93,05	64,43	9,94	20,08	21,58	72,97	113,12
floresta ombrófila	42	2,02	93,05	64,43	9,94	20,08	21,58	72,97	113,12
Ds	29	2,05	95,07	56,11	10,42	21,34	22,45	73,73	116,42
floresta ombrófila (Araguaia)	29	2,05	95,07	56,11	10,42	21,34	22,45	73,73	116,42
Fa	120	1,98	128,82	89,19	8,14	16,12	12,52	112,70	144,94
floresta estacional									
semidecidual aluvial	40	2,02	117,10	61,18	9,67	19,57	16,71	97,54	136,67
mata de galeria	10	2,26	44,52	16,06	5,08	11,49	25,80	33,04	56,01
mata de galeria e ciliar	70	1,99	147,56	100,52	12,01	23,97	16,24	123,59	171,53
Fs	115	1,98	65,05	33,08	3,08	6,11	9,39	58,94	71,16
floresta estacional decidual e									
semidecidual	70	1,99	62,29	34,62	4,14	8,26	13,25	54,03	70,54
floresta estacional e									
ombrófila (carrasco alto)	45	2,02	69,34	30,40	4,53	9,13	13,17	60,20	78,47



Tabela 13 – Estimativas e estatística descritiva do estoque de carbono total (TC) nas fitofisionomias do bioma Amazônia no Estado do Tocantins, a partir do FREL Amazônia

Classe de vegetação IBGE/ fisionomia do IF-TO	No. Parcelas	Valor de t (a= 0,05)	Média de TC (t ha ⁻¹)	Desvio padrão de TC (TC FREL- Amazônia) (t ha ⁻¹)	Erro padrão (t ha ⁻¹)	Erro de amostragem absoluto (t ha ⁻¹)	Erro de amostragem relativo (%)	Limite inferior de IC (t ha ⁻¹)	Limite superior de IC (t ha ⁻¹)
Aa	10	2,26	44,36	18,52	5,86	13,25	29,87	31,11	57,60
floresta ombrófila aberta aluvial	10	2,26	44,36	18,52	5,86	13,25	29,87	31,11	57,60
As	42	2,02	131,49	91,05	14,05	28,37	21,58	103,11	159,86
floresta ombrófila	42	2,02	131,49	91,05	14,05	28,37	21,58	103,11	159,86
Ds	29	2,05	134,35	79,29	14,72	30,16	22,45	104,19	164,51
floresta ombrófila (Araguaia)	29	2,05	134,35	79,29	14,72	30,16	22,45	104,19	164,51
Fa	120	1,98	182,04	126,04	11,51	22,78	12,52	159,26	204,83
floresta estacional semidecidual aluvial	40	2,02	165,48	86,46	13,67	27,65	16,71	137,83	193,13
mata de galeria	10	2,26	62,92	22,69	7,18	16,23	25,80	46,68	79,15
mata de galeria e ciliar	70	1,99	208,52	142,05	16,98	33,87	16,24	174,65	242,40
Fs	115	1,98	91,92	46,75	4,36	8,64	9,39	83,28	100,56
floresta estacional decidual e semidecidual	70	1,99	88,02	48,93	5,85	11,67	13,25	76,36	99,69
floresta estacional e ombrófila (carrasco alto)	45	2,02	97,98	42,96	6,40	12,91	13,17	85,08	110,89



Tabela 14 – Estimativas e estatística descritiva de estoques de carbono em diferentes compartimentos para cerrado sentido restrito (savana arborizada = Sa) no bioma Amazônia no estado do Tocantins, a partir do FREL-Cerrado: carbono acima do solo de árvores (AGB), carbono total de árvores (TTC), composto pelo AGB e abaixo do solo (BGB); carbono total (TC), composto pelo AGB, BGB, carbono da serapilheira (LTC) e carbono da madeira morta (DWC)

	Número de parcelas	Valor de t (alfa = 0,05)	Média (t.ha ⁻¹)	Desvio Padrão (t.ha ⁻¹)	Erro padrão (t.ha ⁻¹)	Erro de amostragem absoluto (t.ha ⁻¹)	Erro de amostragem relativo (%)	Limite inferior (t.ha ⁻¹)	Limite superior (t.ha ⁻¹)
AGC	62	2,00	11,56	5,83	0,74	12,80	12,80	10,08	13,05
TTC	62	2,00	30,76	15,51	1,97	12,80	12,80	26,82	34,70
TC	62	2,00	34,41	15,51	1,97	11,45	11,45	30,47	38,35

5 - Considerações Finais

As estimativas de biomassa e de carbono aéreo realizadas pela equipe que elaborou o Inventário Florestal do estado do Tocantins (IF-TO) utilizaram equações consagradas pelo meio científico e são consideradas consistentes, conforme análise estatística realizada neste trabalho.

Os dados estimados de estoque de carbono por fitofisionomia contidos neste relatório permitirão auxiliar nas estimativas de emissões médias anuais de CO₂ para cada polígono de desmatamento no Estado, e compará-los com as estimativas fornecidas no âmbito nacional, segundo o FREL Cerrado e FREL Amazônia, bem como incrementos de desmatamento e as emissões associadas do desmatamento bruto nos biomas do Cerrado e da Amazônia, para quaisquer períodos de interesse, que disponham de monitoramento espacial das áreas de conversão florestal a outros usos da terra.

Com a implementação de uma política estadual de REDD+ no Tocantins, recomenda-se o apoio com aporte de recursos para o desenvolvimento de pesquisas locais que visem auxiliar e melhorar a precisão/acurácia das equações e dos resultados. Nesse contexto, torna-se necessário estudos oficiais que busquem realizar um monitoramento permanente, bem como propiciar o desenvolvimento de métodos e equações de estimativas regionais de biomassa e carbono no estado do Tocantins.

Sugere-se a partir dos dados levantados no Inventário Florestal do estado do Tocantins, associado ao aproveitamento das informações técnicas e *expertises* dos membros do GT REDD+ que fornecem apoio técnico nos trabalhos do FREL Cerrado e Amazônia à nível nacional, a implementação do “FREL no Tocantins para os biomas do Cerrado e da Amazônia”.

Essa possibilidade do Estado propor o Nível de Referência de Emissões Florestais para redução das emissões provenientes do desmatamento nos biomas do Cerrado e da Amazônia do Tocantins, poderá ser útil, pois permitirá que às partes possam aperfeiçoá-lo gradualmente, “através da incorporação de dados mais atualizados e de metodologias que tenham mais acurácia” (MMA, 2016).



Referências

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação Geral sobre Mudança Global do Clima. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as alterações climáticas**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010. 2 v.: Il.

Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima** – Sumário Executivo.. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016. 45 p.

BROWNING, B. L. **The chemistry of wood**. London: Interscience Publishers, 1963. 699p.

CASTRO, E. A.; KAUFFMAN, J. B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **J. Trop. Ecol.**, v. 14: p. 263–283.1998.

CHAVE J., ANDALO C., BROWN S., CAIRNS M. A., CHAMBERS J. Q., EAMUS D., FÖLSTER H., FROMARD F., HIGUCHI N., KIRA T., LESCURE J. P., NELSON B. W., OGAWA H., PUIG H., RIÉRA B., YAMAKURA T. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, v. 145, p.87-99. 2005.

CHAVE, J.; CONDIT, R.; AGUILAR, S.; HERNANDEZ, A.; LAO, S.; PEREZ, R. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 359: p. 409–420. 2004.

DELITTI, W.B.C.; MEGURO, M.; PAUSAS, J.G. Biomass and mineralmass estimates in a cerrado ecosystem. **Rev Bras Bot.**, n. 29, p. 531-540. 2006.

FELFILI, M. C. **Proposição de critérios florísticos, estruturais de produção para manejo do Cerrado stricto sensu do Brasil Central**. 2008. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal. Brasília, 2008.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília: UnB, Departamento de Engenharia Florestal, 2005, 55p.

FELFILI, J. M.; ROITMAN, I.; MEDEIROS, M. M. ; SANCHES, M. **Procedimentos e métodos de amostragem de vegetação**. In: JEANINE M. F.; ESINELOHR, P.V.; MELLO, M. M. da R. F. de; ANDRADE, L. A. de; MEIRA NETO, J. A. A. (Org.). *Fitossociologia no Brasil*. Viçosa: UFV, v. 1, p. 86-121. 2011.

HAIDAR, R. F.; DIAS, R. R.; FELFILI, J. M. Secretaria de Planejamento e da Modernização da Gestão Pública (Seplan). Departamento de Pesquisa e Zoneamento Ecológico-Econômico. Diretoria de



Zoneamento Ecológico-Econômico (DZE). Projeto de Desenvolvimento Regional Sustentável.

Mapeamento das regiões fitoecológicas e inventário florestal do estado do Tocantins: inventário florestal do Tocantins (Escala 1:100.000). Palmas: Seplan/DZE, 2013. 156 p. il.

HAIDAR, R. F.; DIAS, R. R.; PINTO, J. R. R. Secretaria de Planejamento e da Modernização da Gestão Pública (Seplan). Departamento de Pesquisa e Zoneamento Ecológico-Econômico. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico (DZE). Projeto de Desenvolvimento Regional Sustentável. **Mapeamento das regiões fitoecológicas e inventário florestal do estado do Tocantins:** regiões fitoecológicas da faixa centro (Escala 1:100.000). Palmas: Seplan/DZE, v.1. 2013. 326 p. il.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da Floresta Tropical Úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 28, n. 2, p. 153-166, 1998.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira:** sistema fitogeográfico; inventário das formações florestais e campestres; técnicas e manejo de coleções botânicas e procedimentos para mapeamentos. 2.ed. rev. amp. Rio de Janeiro: IBGE. 2012. 271 p. (Manuais Técnicos em Geociências, n.1)

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Submissão brasileira de Nível de Referência de Emissões Florestais para redução das emissões provenientes do desmatamento no bioma Cerrado para fins de pagamentos por resultados de REDD+ sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.** Brasília: MMA/GTT REDD+. 2016. 83p.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Brazil's submission of a Forest Reference Emission Level (FREL) for reducing emissions from deforestation in the Amazonia biome for REDD+ results-based payments under the UNFCCC from 2016 to 2020.** Brasília:MMA/GTT REDD+. 2018. 90p

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Submissões de REDD+ à UNFCCC.** 2018. Disponível em: <<http://redd.mma.gov.br/pt/submissoes>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

MERIDIAN INSTITUTE. **“Guidelines for REDD+ Reference Levels: principles and recommendations”** prepared for the Government of Norway. In: ANGELSEN, A.; BOUCHER, D.; BROWN, S.; MERCKX, V.; STRECK, C.; ZARIN, D. Available at: < www.REDD-OAR.org>. 2011. Access in: 15 jun. 2018

PAUL, K.I.; RADTKE, P.J.; ROXBURGH, S.H.; LARMOUR, J.; WATERWORTH, R.; BUTLER, D.; BROOKSBANK, K.; XIMENES, F. Validation of allometric biomass models: How to have confidence in the application of existing models. **Forest Ecology and Management**, v. 412, p. 70–79. 2018.

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

REZENDE, A.V.; VALE, A.T.; SANQUETTA, C.R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FELFILI, J.M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa lenhosa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um Cerrado *sensu stricto* em Brasília, DF. **Scientia Forestalis**, v.71, p.65-76, 2006.



RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado.** In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RINEIRO, J. F. (ed.). Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Planaltina: Embrapa Cerrados, cap. 6, p. 151-212, 2008.

ROITMAN, I.; BUSTAMANTE, M.C.; HAIDAR, R.F.; SHIMBO, J.Z.; ABDALA, G.C.; EITEN, G.; FAGG, C.W.; FELFILI, M.C.; FELFLI, J.M.; JACOBSON, T.K.B.; LINDOSO, G.S.; KELLER, M.; LENZA, E.; MIRANDA, S.C.; PINTO, J.R.; RODRIGUES, A.A.; DELITTI, W.B.C.; ROITMAN, P.; SAMPAIO, J.M. Optimizing biomass estimates of savanna woodland at different spatial scales in the Brazilian Cerrado: re-evaluating allometric equations and environmental influences. **Plos One.** , v. 13, n.8: e0196742. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196742>. 2018

SCOLFORO, J.R.; RUFINI, A.L.; MELLO, J.M.; TRUGILHO, P.F.; OLIVEIRA, A.D.; SILVA, C.P.C. **Equações para o peso de matéria seca das fisionomias, em Minas Gerais.** In: SCOLFORO, J.R.; OLIVEIRA, A.D.; ACERBI, JÚNIOR F.W. (ed.). Inventário Florestal de Minas Gerais; equações de volume, peso de matéria seca e carbono para diferentes fisionomias da flora nativa. Lavras: UFLA, cap. 3. p.103-114. 2008.

SILESHI, G.W. A critical review of forest biomass estimation models, common mistakes and corrective measures. **Forest Ecol Manag**, v. 329, p. 237-254. 2014

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H.S.; SANQUETTA, C.R.; ARCE, J. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 38, p.185-205. 2008.



ANEXOS

ANEXO 1 – Lista de arquivos de planilhas de dados e resultados em formato excel

Os dados estão todos inseridos na planilha de dados em formato Excel, cujo nome do arquivo esta informado a seguir:

1_Estimativa_Parcels_InventarioFlorestal_Integrado_FREL-Amazonia e Cerrado-Resumo-10-08-2018

Item	Descrição	Nome da “aba” do arquivo
1	Planilha contendo as estimativas de biomassa lenhosa aérea ($t.ha^{-1}$) e de carbono lenhoso aéreo ($t.ha^{-1}$), por parcela, por bacia hidrográfica, por faixa e por fitofisionomia, de acordo com o IF-TO.	<u>Aba: C_por_parcela_Todos</u>
2	Estimativas médias de Carbono, por parcela e por compartimento das fitofisionomias, para o bioma Cerrado, utilizando valores médios e fatores de expansão adotados pelo FREL Cerrado	<u>Aba: C_por_parcela_bioma Cerrado</u>
3	Estimativas médias de Carbono, por parcela e por compartimento das fitofisionomias, para o bioma Amazônia, utilizando valores médios e fatores de expansão adotados pelo FREL Amazônia	<u>Aba: C_por_parcela_bioma Amazonia</u>
4	Estimativas médias de Carbono, por parcela e por compartimento das fitofisionomias, para os biomas do Cerrado e da Amazônia, utilizando valores médios e fatores de expansão adotados pelo FREL Cerrado e FREL Amazônia	<u>Aba: C_por parc FREL por Bioma</u>
5	Estimativas e estatística descritiva do estoque de carbono nas fitofisionomias do bioma Cerrado no estado do Tocantins, a partir do FREL Cerrado	<u>Aba: IC bioma Cerrado</u>



ANEXO 2 – Sugestões para extrapolação do valor da biomassa e carbono para as áreas de sua respectiva tipologia

Sugere-se usar a média da fitofisionomia por “faixa” do estado do Tocantins. Ou seja, pode-se seguir a estratificação das “faixas” utilizadas no IF-TO, uma vez que a equipe do IFTO realizou todo um estudo para estratificar a amostragem. Sendo assim, para cada classe de vegetação do FREL, haverá um valor de referência (a média) em cada faixa (Norte, Centro e Sul). A seguir apresenta-se uma proposta de critérios, a partir do exemplo para o caso da estimativa de carbono total.

- Para classe de vegetação, recomenda-se a utilização da média por faixa (Norte, Centro, Sul).
- No caso de classes de vegetação que ocorrem em apenas uma faixa, utilizar a média dessa faixa para as duas outras faixas.
- No caso de classes de vegetação que ocorrem em duas faixas, utilizar a média dessas duas faixas, na faixa que não possuem a classe.
- No caso de classes de vegetação que não foram amostradas no IF-TO, utilizar os valores do FREL do respectivo bioma.

A seguir tem-se a Tabela 15, mostrando as médias de carbono total (TC) por classe de vegetação em cada faixa em que foi amostrada, para os biomas Cerrado e Amazônia. Os valores de referência de estoque por fitofisionomia comparando o IF-TO, o FREL - Cerrado e FREL - Amazônia já estão inclusos.

Tabela 15 - Médias de carbono total (TC) por classe de vegetação nas faixas Norte, Centro e Sul do Estado, conforme realizado pelo IF-TO, para os biomas Amazônia e Cerrado no Tocantins, estimadas no presente estudo e valores de referência do FREL-Cerrado e FREL-Amazônia nacional

Bioma Cerrado					
Classe de Vegetação	Norte	Centro	Sul	Média ¹	FREL-Cerrado
	TC (t ha ⁻¹)	TC (t ha ⁻¹)	TC (t ha ⁻¹)	TC (t ha ⁻¹)	TC (t ha ⁻¹)
Fa	97,55	126,73	111,36	111,88	98,27
Fs	93,04	127,02	90,61	103,55	87,55
Sa	40,89	40,44	29,75	37,03	39,92
Sd	-	101,76	51,46	76,61	49,76

Bioma Amazônia



Classe de Vegetação	Norte	Centro	Média ¹	FREL-Amazônia
	TC (t ha ⁻¹)	TC (t ha ⁻¹)	TC (t ha ⁻¹)	TC (t ha ⁻¹)
Aa	-	44,36	44,36	121,81
As	131,49	-	131,49	113,34
Ds	134,35	-	134,35	146,92
Fa	239,24	141,18	190,21	98,27
Fs	90,91	100,55	95,73	87,55
Sa	35,24	32,68	33,96	39,92

¹ Média entre as faixas

Nota: O TC para o bioma Cerrado e para a fisionomia savana arborizada (Sa) do bioma Amazônia foi estimado de acordo com a metodologia do FREL-Cerrado, considerando os seguintes compartimentos: carbono acima do solo de árvores (AGC), carbono subterrâneo de raízes (BGC), carbono da serapilheria (LTC) e carbono de necromassa (DWC). O TC para as demais fitofisionomias do bioma Amazônia foi estimado de acordo com o FREL-Amazônia, considerando os seguintes compartimentos: carbono da vegetação acima do solo (árvores, lianas e palmeiras), BGC e LTC.

Outra possível opção visando uma extrapolação para outras áreas onde ocorrem a fitofisionomia e não foram amostradas, refere-se a trabalhar por bacia hidrográfica conforme plano de amostragem realizado pela equipe do IF-TO.

Obtém-se o valor médio por fitofisionomia em cada bacia em que foram identificadas. Nas bacias em que ocorrem uma determinada fitofisionomia, mas não tem-se o valor local, pode-se buscar procedimento de interpolação ou de maior proximidade, por meio de algoritmos e/ou programa GIS, para obter estimativas para o local desejado (bacia).

Acredita-se que os dados disponíveis neste trabalho, poderão apoiar o processo de decisão de como melhor fazer para proceder a extrapolação dos valores, bem como subsidiar na elaboração de mapas considerando os valores estimados no Estado

A seguir tem-se a Tabela 16, mostrando as médias de carbono total (TC) por classe de vegetação em cada bacia hidrográfica em que foi amostrada, para os biomas Cerrado e Amazônia.



Tabela 16 - Médias de carbono total (TC) por classe de vegetação nas bacias do Estado, conforme realizado pelo IF-TO, para os biomas Amazônia e Cerrado no Tocantins, estimadas no presente estudo

Bioma	Bacia	Sigla	Classe de vegetação (FREL/IBGE)	Média de Carbono total (t.ha ⁻¹)	Média de Carbono total (Bacia) (t.ha ⁻¹)
Amazônia	Araguaia	Aa	floresta ombrófila aberta aluvial	44.36	103.62
		Ds	floresta ombrófila densa submontana	134.35	
		Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	183.29	
		Fs	floresta estacional semidecidual submontana	61.54	
		Sa	savana arborizada	37.75	
	Bananal	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	131.72	97.83
		Sa	savana arborizada	30.04	
	Barreiras	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	132.41	117.71
		Fs	floresta estacional semidecidual submontana	100.55	
	Corda	As	floresta ombrófila aberta submontana	86.41	179.55
		Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	264.64	
		Fs	floresta estacional semidecidual submontana	81.06	
		Sa	savana arborizada	40.12	
	Cunhãs	As	floresta ombrófila aberta submontana	207.39	118.67
		Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	62.92	
		Fs	floresta estacional semidecidual submontana	76.84	
	Jenipapo	Fs	floresta estacional semidecidual submontana	104.21	104.21
	Lontra	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	137.66	96.10
		Fs	floresta estacional semidecidual submontana	108.90	
		Sa	savana arborizada	31.62	
	Muricizal	As	floresta ombrófila aberta submontana	151.02	152.46
		Fs	floresta estacional semidecidual submontana	153.91	
	Piranhas	As	floresta ombrófila aberta submontana	78.04	56.47
		Fs	floresta estacional semidecidual submontana	61.63	
		Sa	savana arborizada	29.76	
Cerrado	Balsas	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	107.41	98.30
		Fs	floresta estacional semidecidual submontana	143.56	
		Sa	savana arborizada	32.70	
		Sd	savana florestada	100.40	
	Caiapó	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	161.73	158.26
		Fs	floresta estacional semidecidual submontana	155.31	
	Coco	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	136.99	133.50
		Fs	floresta estacional semidecidual submontana	190.32	
		Sa	savana arborizada	50.21	
		Sd	savana florestada	117.16	
	Crixás	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	93.57	83.82
		Sa	savana arborizada	35.46	
	Formoso	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	147.68	122.05
		Sa	savana arborizada	59.72	
		Sd	savana florestada	87.18	
	Formoso	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	150.58	131.80



	do Araguaia	Sa	savana arborizada	41.67	
	Javaés	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	114.51	98.44
		Sa	savana arborizada	37.37	
	Lajeado	Fs	floresta estacional semidecidual submontana	112.75	68.16
		Sa	savana arborizada	44.15	
	Mangues	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	183.36	143.41
		Fs	floresta estacional semidecidual submontana	103.32	
		Sa	savana arborizada	45.50	
	Manoel Alves da Natividade	Fs	floresta estacional semidecidual submontana	81.89	53.80
		Sa	savana arborizada	24.60	
		Sd	savana florestada	51.46	
	Manoel Alves Grande	Sa	savana arborizada	40.81	40.81
	Manuel Alves Grande	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	108.57	92.61
		Fs	floresta estacional semidecidual submontana	102.26	
		Sa	savana arborizada	58.05	
	Manuel Alves Pequeno	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	116.93	88.67
		Sa	savana arborizada	54.76	
	Palma	Fs	floresta estacional semidecidual submontana	105.15	84.14
		Sa	savana arborizada	26.77	
	Paraná	Sa	savana arborizada	26.30	26.30
	Perdida	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	106.31	87.80
		Sa	savana arborizada	39.66	
	Pium	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	170.32	108.44
		Sa	savana arborizada	46.17	
		Sd	savana florestada	108.82	
	Santa Teresa	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	112.38	91.28
		Sa	savana arborizada	38.52	
	Santo Antônio	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	103.35	77.76
		Fs	floresta estacional semidecidual submontana	89.84	
		Sa	savana arborizada	31.35	
	São Valério	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	134.16	92.50
		Sa	savana arborizada	34.16	
	Sono	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	107.72	91.78
		Fs	floresta estacional semidecidual submontana	96.54	
		Sa	savana arborizada	26.26	
	Tocantins	Fa	floresta estacional semidecidual aluvial	120.60	90.87
		Fs	floresta estacional semidecidual submontana	102.74	
		Sa	savana arborizada	38.48	
		Sd	savana florestada	96.14	



EQUIPE CHAVE

1 – Erich Collicchio - Coordenador da Atividade

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciências e Doutor em Ecologia Aplicada. Atualmente vem desenvolvendo trabalhos enfocando a Agroenergia, Zoneamento Agroclimático, Estoque de Carbono e Mudanças Climáticas.

Currículo Lattes disponível em: <http://lattes.cnpq.br/0722996667111812>

2 – Íris Roitman

Engenheira Florestal, Mestre em Ciências Florestais, Doutora em Ecologia Brasil/Austrália, Pós-doutorado na área de recuperação de áreas degradadas. Pesquisadora da Rede Brasileira de Pesquisa em Mudança do Clima - Rede Clima, Sub-rede Uso da Terra no Projeto de Mapeamento do Carbono no bioma Cerrado.

Currículo Lattes disponível em: <http://lattes.cnpq.br/8115368468980850>

3 – André de Moura Andrade

Engenheiro Ambiental, Mestrando em Agroenergia.

Tem experiência na operação e programação em SIG direcionado a simulações e modelagens ambientais.

Currículo Lattes disponível em: <http://lattes.cnpq.br/6613392721894083>